



OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/27332>

Duval, Héloïse . *Intérêt d'une lutte intégrée contre la tique Rhipicephalus boophilus microplus associant l'usage d'un vaccin en Nouvelle Calédonie*. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT, 2020, 121 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# INTERET D'UNE LUTTE INTEGREE CONTRE LA TIQUE *RHIPICEPHALUS BOOPHILUS MICROPLUS* ASSOCIANT L'USAGE D'UN VACCIN EN NOUVELLE- CALEDONIE

---

THESE

pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**DUVAL Héloïse**

Née le 07/12/1994 à NOUMEA (98800)

**Directeur de thèse : M. Philippe JACQUIET**

---

**JURY**

PRESIDENT :

**M. Alexis VALENTIN**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

**M. Philippe JACQUIET**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**M. Emmanuel LIENARD**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :

**M. Thomas HUE**

Docteur vétérinaire, Institut Agronomique Néocalédonien

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation ECOLE  
NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur : Professeur Pierre SANS

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie - Thérapeutique*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
- M. **PETIT Claude**, (Emérite) - *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

**PROFESSEURS 1° CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des aliments d'Origine animale*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie Vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD, Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie Médicale Animale et Comparée*

**PROFESSEURS 2° CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des Ruminants*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et Économie de la santé animale*

**PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE**

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

**MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*

Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*  
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*  
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

#### MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*  
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*  
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*  
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*  
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie- Bactériologie-Pathologie infectieuse*  
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et Industrie des aliments*  
Mme **DEVIERS Alexandra**, *Anatomie-Imagerie*  
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et Industrie des aliments*  
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*  
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*  
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*  
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie - Analgésie*  
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des Equidés*  
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*  
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*  
M. **LHERMIE Guillaume**, *Economie de la santé animale*  
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*  
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*  
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*  
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire – Maladies animales règlementées*  
Mme **WARET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

#### CHARGES D'ENSEIGNEMENT CONTRACTUELS

M. **BOLON Pierrick**, *Production et pathologie aviaire*  
M. **LEYNAUD Vincent**, *Médecine interne*  
Mme **ROBIN Marie-Claire**, *Ophthalmologie*  
Mme **TOUSSAIN Marion**, *Pathologie des équidés*

#### ENSEIGNANT DE PREMIERE ANNEE COMMUNE AUX ETUDES VETERINAIRES

Mme **GAUCHARD Cécile**, *Biologie-écologie-santé*

#### ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

Mme **BLONDEL Margaux**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie-Imagerie médicale*  
M. **COMBARROS-GARCIA Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*  
M. **GAIDE Nicolas**, *Histologie, Anatomie Pathologique*  
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
M. **LESUEUR Jérémy**, *Gestion de la santé des ruminants – Médecine collective de précision*  
M. **TOUITOU Florian**, *Alimentation animale*

## **REMERCIEMENTS**

### **À Monsieur le Professeur Alexis VALENTIN,**

Professeur des Universités,  
Praticien hospitalier,

*Parasitologie et zoologie*

Qui a accepté honorablement la présidence de mon jury de thèse.

Hommages respectueux.

### **À Monsieur le Professeur Philippe JACQUIET**

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

*Parasitologie et Maladies Parasitaires,*

Qui a accepté d'être mon Directeur de thèse et de me guider dans la rédaction de ma thèse.

Profonde gratitude.

### **À Monsieur le Professeur Emmanuel LIENARD**

Maître de Conférences à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse,

*Parasitologie et Maladies Parasitaires,*

Qui m'a accordé sa présence en tant qu'assesseur.

Salutations distinguées.

### **À Monsieur le Docteur Thomas HÛE**

Docteur vétérinaire et chercheur à l'Institut Agronomique néo-Calédonien,

*Secteur parasitologie*

Sans qui rien n'aurait été possible et qui m'a accompagnée dans cette aventure et m'a plongée dans le monde bovin calédonien

Qu'il trouve dans ces lignes, toute ma reconnaissance.

### **À Mesdames et Messieurs les éleveurs**

Pour m'avoir fait découvrir leurs élevages et m'avoir accordé du temps pour toutes mes questions.

Sincères remerciements.

### **À l'équipe de l'Institut Agronomique néo-Calédonien**

Pour m'avoir accueillie dans les locaux afin de rédiger ma thèse dans une bonne ambiance de travail.

Sincères remerciements.

# Table des matières

Table des matières .....	1
Table des illustrations.....	3
Table des annexes:.....	6
Introduction .....	7
I. Etude bibliographique .....	9
A. Contexte calédonien .....	9
1. Climat calédonien et végétation .....	9
2. Le cheptel bovin calédonien.....	12
3. Conclusion.....	16
B. La tique <i>R. microplus</i> en Nouvelle-Calédonie.....	17
1. Cycle de la tique <i>R. microplus</i> .....	17
2. Introduction de la tique et ses conséquences .....	20
3. Conclusion.....	24
C. Les différents moyens de lutte.....	25
1. Lutte acaricide .....	25
2. Lutte agropastorale .....	31
3. Lutte vaccinale .....	40
4. Lutte génétique.....	47
D. Conclusion de la partie bibliographique.....	54
II. Partie expérimentale.....	55
A. Matériels.....	55
1. Les élevages participant à l'essai .....	55
2. Elevages non vaccinés.....	59
3. Lutte acaricide .....	61
4. La lutte agropastorale .....	62
5. La lutte vaccinale.....	62
B. Méthodes .....	64
1. Nombre d'équivalents bain .....	64
2. Comptage de tiques lors d'infestation .....	66
3. Distribution des volumes de ventes en Tactic ND en Nouvelle-Calédonie .....	67
4. Pluviométrie .....	67
5. Réponse immunitaire et évaluation des performances reproductives des tiques.....	68
6. Retour sur l'expérience des éleveurs.....	68
7. Bilan .....	69

C.	Analyses .....	71
1.	Nombre de traitements .....	71
2.	Comptage de tiques .....	71
3.	Autres analyses.....	71
D.	Résultats .....	72
1.	Nombre de traitements .....	72
2.	Comptage de tiques .....	75
3.	Volumes de vente de Tactic ND en Nouvelle-Calédonie.....	78
4.	Pluviométrie .....	79
5.	Performance de reproduction des tiques gorgées sur des animaux vaccinés.....	79
6.	Réponse immunitaire.....	80
7.	Effets secondaires du vaccin .....	80
8.	Charge de travail de l'éleveur.....	84
9.	Questionnaire de satisfaction.....	85
10.	Conclusion.....	87
E.	Discussion .....	88
1.	Discussion du protocole .....	88
2.	Plan de lutte intégrée .....	89
3.	Perspectives d'avenir du plan de lutte intégré.....	101
III.	Conclusion.....	104
IV.	Bibliographie .....	106
	Annexes.....	115

## Table des illustrations

Figure 1: Frise chronologique du climat calédonien (Metral, 2015) .....	10
Figure 2 : Evolution de la pluviométrie annuelle entre 1961 et 2019, sur la base des cumuls annuels normalisés (SPI) de 25 stations de référence uniformément réparties sur le pays (source : Météo-France Nouvelle-Calédonie) .....	10
Figure 3 : Carte des végétations simplifiée (Ibanez, 2012) .....	12
Figure 5: Carte de la répartition des bovins en Nouvelle-Calédonie (Davar, Isee, 2012) .....	14
Figure 6: La production de viande locale en relation avec la couverture des besoins et les importations de viande (Davar, 2019) .....	15
Figure 7: Planches anatomiques de la tique <i>R. microplus</i> (Departement of Agriculture, 1976).....	17
Figure 8: Carte de l'aire de répartition géographique des tiques <i>R. microplus</i> (Burrow et al., 2019 ; Rodriguez-Vivas et al., 2018). .....	18
Figure 9 : Photographies de larves infestantes en attente d'un hôte dans les pâturages (©IAC).....	19
Figure 10: Cycle de la tique <i>R. microplus</i> en Nouvelle-Calédonie .....	20
Figure 11: Photographies de bovins subissant des fortes infestations par les tiques .....	23
Figure 12: Photographies de bovins subissant des infestations par les tiques (©IAC) .....	24
Figure13: Photographies des installations de bains et de couloirs d'aspersion (©IAC) .....	26
Tableau 1: Matières actives, période d'utilisation et apparition des résistances (Hüe, 2019).....	28
Tableau 2: Temps de présence (en mois) des œufs et des larves dans une parcelles en Nouvelle-Calédonie selon les saisons (Desquesnes et Vignon, 1987) .....	33
Figure 14 : Production fourragère saisonnière à Port-Laguerre (Salas et al., 1994) .....	33
Tableau 3: Mesures agropastorales possibles à mettre en place (Berger, 2019) .....	37
Figure 15 : Efficacité vaccinale .....	42
Tableau 4: Effet de la vaccination avec le vaccin Gavac ND en Amérique du Sud en condition réelle de pâturage (de la Fuente et al., 1999). .....	43
Figure 16: Résultats de l'essai expérimental du vaccin à base de Bm86 originaire de Nouvelle-Calédonie (Hüe et al., 2017) .....	46
Tableau 5 : Résultats chiffrés de l'essai expérimental du vaccin à base de Bm86 originaire de Nouvelle-Calédonie (Hüe et al., 2017) .....	46
Figure 17: Comparaison d'aspect entre une tique gorgée sur un animal non vacciné (à gauche) et une tique gorgée sur un animal vacciné présentant des lésions hémorragiques (©IAC).....	47
Tableau 6: Présentation des races génétiquement résistantes et leur introduction en Nouvelle-Calédonie (Hue, 2014) .....	49
Tableau 7: Données relatives aux élevages participant à l'essai .....	57
Figure 18: Carte de la répartition des élevages suivis au cours de l'essai Les élevages sont numérotés de 1 à 9. ....	58

Tableau 8 : Comparaisons du nombre de bovins, du chargement et de la localisation des 60 élevages de races bovines européennes recensées en 2017 et les 9 élevages de l'essai .....	59
Tableau 9 : Données relatives aux troupeaux non vaccinés pendant la période de l'essai.....	60
Figure 19 : Carte de la répartition des élevages non vaccinés.....	60
Tableau 10: Présentation des différentes stratégies de traitement acaricide dans les élevages suivis	61
Figure 20: Temps de protection d'un traitement longue action (a) et de trois traitements courte action (b) .....	65
Figure 21 : Calcul du score d'infestation .....	67
Tableau 11 : Présentation des différents objectifs évalués dans cette étude .....	70
Tableau 12 : Nombre d'équivalents bains moyen par année et leur évolution pour les différents élevages participant à l'essai.....	72
Figure 22 : Moyennes du nombre de bains et d'équivalents bains des traitements longue action cumulés en fonction du temps.....	72
Tableau 13 : Tableau d'Anova pour à 2 facteurs : Années et Eleveurs .....	73
Figure 23 : Evolution du nombre moyen de traitements entre les périodes mi 2017- mi 2018 et mi 2019 – mi2020.....	73
Tableau 14 : Résultats des tests de Student .....	74
Figure 25 : Moyenne du nombre de traitements (en équivalents bains) des élevages de l'essai et les élevages non vaccinés en fonction des périodes de suivi .....	75
Tableau 15 : Nombre de comptages selon les différents élevages réalisés entre juillet 2017 et juin 2020.....	75
Tableau 16 : Moyenne des scores d'infestation réalisés selon les différents semestres « NO » indique qu'il n'y a pas eu de comptages pendant ce semestre .....	76
Figure 26 : Présentation globale des données de score d'infestation entre les années avant et après mise en place du plan de lutte .....	76
Figure 27 : Scores d'infestation en fonction des années .....	77
Figure 29 : Volume de vente de Tactic ND par année pour la zone regroupant 61,2% des bovins recensés en 2012 en Nouvelle-Calédonie .....	78
Figure 30 : Pluviométrie moyenne des élevages de l'essai en fonction des années .....	79
Figure 31 : Pourcentage d'inhibition de l'antigène Bm86 avant les injections vaccinales .....	80
Figure 32 : Photographies des réactions locales 6 mois après la dernière injection sur des limousines (photos de gauche et du milieu) et sur un croisé Brahman (photo de droite) (©IAC). .....	81
Figure 33 : Photographies des réactions locales au point d'injection dans la semaine après injection sur des croisés Brahman (©IAC) .....	81
Figure 34 : Proportion des vaches atteintes par une réaction cutanée dans l'élevage et regroupé par nombre d'élevage.....	82

Figure 35 : Pourcentage moyen de réactions cutanées suite à l'injection du vaccin anti-tiques observées parmi les troupeaux vaccinés .....	83
Figure 36 : Photographie de saisie partielle pour un nœud lymphatique pré-scapulaire abcédé sur un veau limousin (©IAC) Le cercle rouge indique la position du nœud lymphatique abcédé .....	84
Figure 37 : Photographies de saisies partielles sur des veaux (©IAC) .....	84
Figure 38 : Gain de temps de travail en pourcentage et en heures entre les années mi 2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020 dans les différents élevages.....	85
Figure 39 : Notes de satisfaction allant de 1 à 5 en fonction des catégories de satisfaction, issues du questionnaire de juillet 2020 .....	86
Tableau 17 : Comparaison des caractéristiques des différents essais terrain utilisant la vaccination avec notre essai.....	95
Tableau 18 : Données sur les performances de reproduction des tiques de l'essai comparé à un essai en stabulation.....	99

## Table des annexes:

Annexe 1: Exemple d'un calendrier de rotation .....	115
Annexe 2: Principe de calcul d'un score d'infestation de tiques .....	118
Annexe 3 : Questionnaire de satisfaction .....	119
Annexe 4: Notice d'utilisation du TickGard ND .....	121

## Introduction

En Nouvelle-Calédonie, la gestion de la « tique du bétail » *Rhipicephalus Boophilus microplus* est problématique, surtout pour les races bovines européennes dont le parasitisme peut être très élevé par rapport d'autres races bovines. Les races bovines européennes sont dites « très sensibles » aux tiques. Un plan de lutte durable est actuellement recherché.

La Nouvelle-Calédonie est une île de l'océan Pacifique située à 1500 kilomètres à l'est de l'Australie dont l'élevage bovin a débuté dans le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, au début indemne de la tique du bétail. Malgré des mesures douanières strictes, cette espèce de tique a été importée en 1942 avec des mulets ou du foin en provenance d'Australie alors que la Nouvelle-Calédonie servait de base militaire américaine (Barre, Uilenberg, 2010). Des mesures d'éradications à l'aide d'acaricides ont de suite été entreprises sans succès et la tique s'est répandue sur le territoire calédonien. L'introduction de la tique *R. microplus* a été perçue comme un dommage de guerre, c'est pourquoi les produits antiparasitaires ont été financés par le gouvernement jusqu'à aujourd'hui (Petermann et al., 2016 ; Hüe, 2019).

La tique du bétail a entraîné jusqu'à maintenant des pertes économiques et sanitaires du fait de la seule spoliation sanguine. Parmi les maladies transmises par les tiques, seule la babésiose a été introduite accidentellement sur le territoire à deux reprises, en 1989 et en 2007. Il reste encore une zone d'épizootie à ce jour limitée à deux élevages (Barré et al., 2011 ; Hüe, 2019). La plus grande problématique soit que les tiques ont développé des résistances à chaque nouvelle génération de traitement acaricide. Aujourd'hui, les traitements acaricides seuls ne représentent plus une solution durable pour la lutte contre la tique en Nouvelle-Calédonie (Hue et al., 2016).

Après la lutte acaricide, la lutte génétique semble une solution durable pour lutter contre les tiques et permet d'élever des bovins de races génétiquement résistantes à la tique avec une pression parasitaire très basse. Toutefois, certains éleveurs veulent conserver les races pures Limousine et Charolaise, très sensibles à la tique, pour leurs qualités bouchères et de reproduction. Une combinaison de différents moyens de lutte est nécessaire pour mener à bien la lutte contre la tique en Nouvelle-Calédonie chez ces races sensibles. Actuellement, les éleveurs de Nouvelle-Calédonie ont accès à une lutte acaricide, agropastorale et génétique (Hüe, Fontfreyde, 2019).

De plus, une lutte vaccinale peut être ajoutée à cet arsenal. Des essais vaccinaux contre la tique (Desquesnes, Vignon, 1987 ; Barre et al., 2000) ont déjà été effectués en Nouvelle-Calédonie. Cependant, pendant ces deux essais, la lutte chimique était encore efficace pour lutter contre les tiques et pour cette raison, la vaccination n'a pas été retenue pour lutter contre les tiques à grande échelle. Toutefois, lorsque le problème de résistance a été plus important et que le choix de l'acaricide pour traiter les animaux s'est fait plus restreint, l'usage de la vaccination est redevenu d'actualité pour sauvegarder l'élevage des races européennes sensibles aux tiques tropicales. Un vaccin a été confectionné à partir des lignées de tiques présentes sur le territoire et testé lors d'une étude préliminaire en stabulation en Nouvelle-Calédonie (Hüe et al., 2017).

Notre étude est la continuité de cette expérimentation préliminaire. Elle a pour but d'analyser l'efficacité d'une lutte intégrée comprenant l'utilisation d'acarides de façon raisonnée, de mesures agropastorales et d'une vaccination en effectuant un suivi sur neuf élevages de races bovines sensibles aux tiques pendant 3 ans, de juillet 2017 à juin 2020.

# I. Etude bibliographique

## A. Contexte calédonien

La Nouvelle-Calédonie est la 3<sup>ème</sup> plus grande île du Pacifique avec une superficie de 18 575 km<sup>2</sup> et comptait 271 407 habitants en 2019 (ISEE, 2020). Elle se divise en trois provinces : Province Nord, Province Sud et Province des îles Loyautés. Cette dernière province est constituée de trois îles : Ouvéa, Lifou et Maré au Nord Est de la Grande Terre.

### 1. Climat calédonien et végétation

La Nouvelle Calédonie est située en zone intertropicale. Le taux d'humidité varie entre 75 et 81%. Les quantités de pluies annuelles sont très variables (Davar, 2014). En effet, les années sèches et les années pluvieuses se succèdent du fait du phénomène El Nino et La Nina, respectivement responsables de grandes sécheresses et de fortes pluies. De plus, la pluviométrie est aussi inégalement répartie sur le territoire, la côte Est étant deux fois plus pluvieuse que la côte Ouest. D'une façon générale, le climat calédonien se compose de deux saisons séparées de deux intersaisons (Figure 1) :

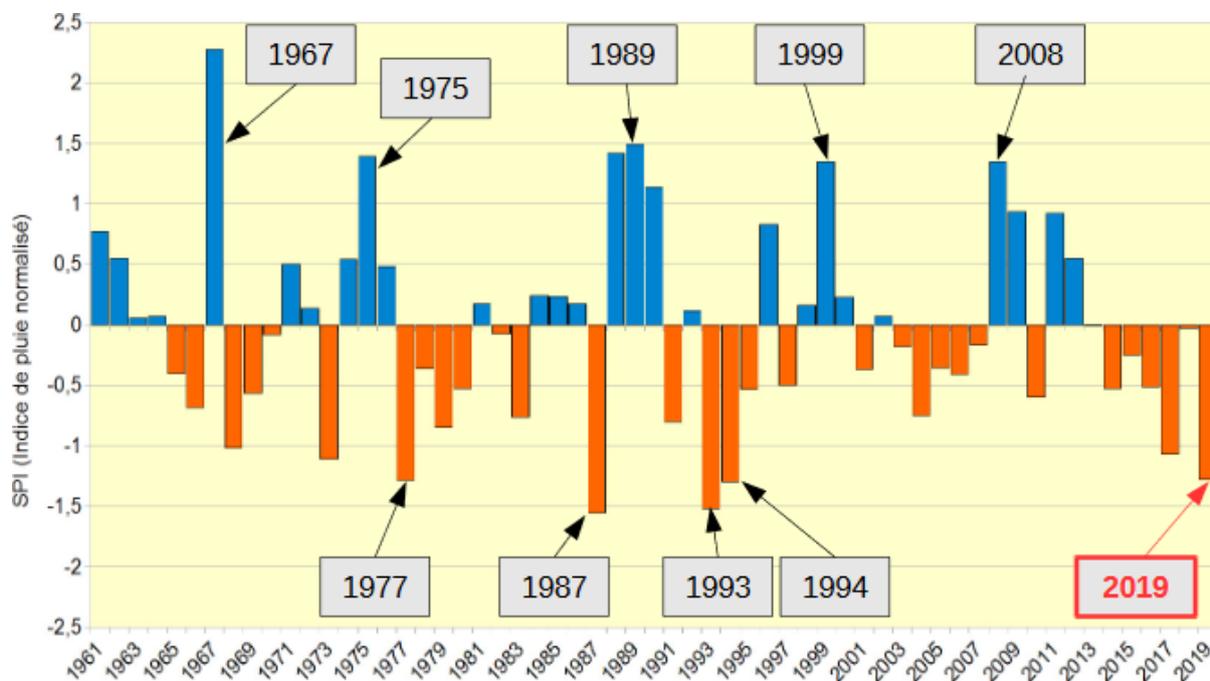
- ❖ La saison chaude et humide : il s'agit de la période des cyclones, de janvier à mai, et comporte des températures moyennes de 25 à 30°C avec un fort taux d'humidité. Les précipitations sont très abondantes de mi-décembre à avril.
- ❖ La première saison de transition : elle se déroule au mois de mai et s'accompagne d'une diminution des basses pressions, des précipitations et des températures.
- ❖ La saison fraîche : l'hiver austral, de juin à septembre, est une saison douce avec des températures moyennes de 15 à 25°C mais dont les écarts de température peuvent atteindre les 15°C de différence en une journée. Il peut y avoir des précipitations inopinées et des vents violents. L'insolation journalière diminue aussi. Ainsi les pâtures poussent moins vite et la nourriture est moins abondante.
- ❖ La deuxième saison de transition : elle est nommée la saison sèche, de septembre à décembre, et présente des températures fraîches en début de soirée mais chaudes dans la journée. La moyenne des températures est de 20 à 25°C. Pendant cette période, les feux de brousse sont les plus grands dangers.

De plus, les pâturages étant très secs, les animaux subissent souvent une malnutrition aboutissant parfois à leur mort. Toutefois, en période de sécheresse, des aides d'urgences permettent aux éleveurs d'acheter du fourrage. Néanmoins, certains éleveurs préfèrent abattre une partie de leur troupeau pour éviter le manque de ressources fourragères (Metral, 2015).



**Figure 1: Frise chronologique du climat calédonien (Metral, 2015)**

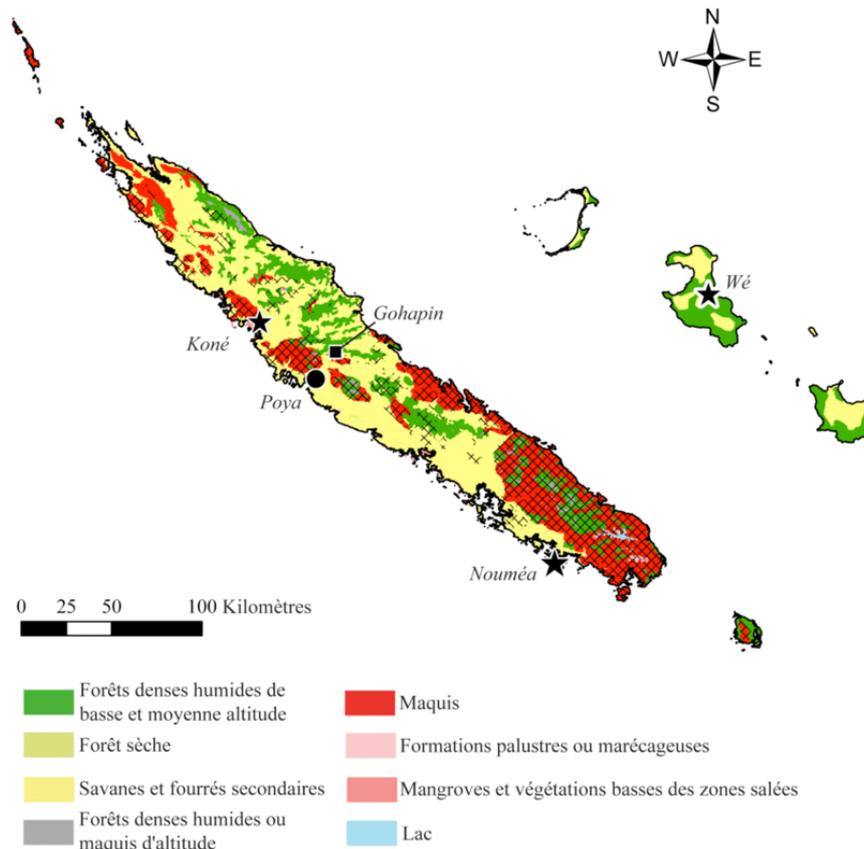
Malgré les variations météorologiques, les tiques peuvent exercer une pression parasitaire toute l'année (Daynes, Gutierrez, 1980). Les événements météorologiques extrêmes peuvent être difficiles pour l'élevage bovin. Les sécheresses de plus en plus fréquentes imposent de nouvelles difficultés aux éleveurs calédoniens en termes de gestion de l'eau et du fourrage. De plus, les conditions climatiques peuvent influencer la pression parasitaire exercée par les tiques avec des années plus à risque que d'autres pour les tiques. Entre 2013 et 2019, le bilan hydrique annuel est resté déficitaire par rapport aux cumuls annuels normalisés (1981-2010).



**Figure 2 : Evolution de la pluviométrie annuelle entre 1961 et 2019, sur la base des cumuls annuels normalisés (SPI) de 25 stations de référence uniformément réparties sur le pays (source : Météo-France Nouvelle-Calédonie)**

En ce qui concerne la période durant laquelle l'essai s'est déroulé, l'année 2017 a été la 7<sup>ème</sup> année la plus sèche depuis 1961 et a été caractérisée par une période de sécheresse intense de 3 mois. L'année 2018 a présenté une petite diminution des précipitations annuelles, soit 5% de moins par rapport à la moyenne des précipitations annuelles de 1981 à 2010, mais les pluies sont inégalement réparties sur le pays. Ainsi, la côte Ouest, le Nord et les îles Loyautés souffrent plus du manque de précipitations. Ensuite, l'année 2019 a présenté des bilans hydriques mensuels faibles sur une période de huit mois. Cette grande période de sécheresse classe l'année 2019 comme la 5<sup>ème</sup> année la plus sèche depuis 1961. Le premier semestre 2020 est restée majoritairement déficitaire en précipitations par rapport à la normale 1981 à 2010 à l'exception du mois de mai où la plupart du territoire a présenté des pluies normales ou excédentaires par rapport à la normale (Météo France, 2020).

D'une façon générale, la Nouvelle-Calédonie a subi des sécheresses durant toute la période de l'essai se déroulant entre juillet 2017 et juin 2020, le phénomène El Nino a été prédominant. Lors de sécheresses, les bovins sont plus sensibles aux tiques. En effet, les ressources alimentaires en période de sécheresse sont plus pauvres et un bovin présente une baisse de résistance contre les tiques lors de stress alimentaire. En effet, un bovin sous-alimenté a cinq fois plus de tiques qu'un bovin normalement alimenté (Sutherst, Maywald, Stegeman, et al., 1983). Toutefois, la survie des tiques est défavorisée lorsque l'humidité relative diminue, en période de sécheresse (Davey et al., 1991). Ces deux effets sont antagonistes.



**Figure 3 : Carte des végétations simplifiée (Ibanez, 2012)**

En plus de d'une météorologie capricieuse, la Nouvelle Calédonie présente des types de végétation variés et très différents (Figure 3). Elles ne permettent pas toutes l'élevage bovin. Il y a des forêts sèches, des forêts humides, des maquis miniers, des mangroves, des steppes et des savanes. Cette dernière catégorie représente un tiers de la superficie du territoire (Metral, 2015) et c'est la seule végétation propice à l'agriculture. Ainsi, la Nouvelle-Calédonie ne consacre que 10% de son territoire à l'agriculture en 2012. Les savanes sont réparties majoritairement sur la côte Ouest. De ce fait, les élevages suivent la même distribution.

## 2. Le cheptel bovin calédonien

### a) Historique

Les premiers bovins importés en Nouvelle Calédonie ont été de races anglo-saxonnes (Durham, Hereford, Devon, Angus) en provenance d'Australie avant 1853. Un élevage extensif de naisseurs-engraisseurs s'est mis en place pour répondre à la demande de viande croissante due à la mise en place d'un bagne pénitentiaire. En 1881, le Journal Indépendant dénombre 104 000 bovins répartis entre 95 éleveurs (Dubois, 1984).

Dans les années 1850, de grosses stations d'élevages existaient. Des petits élevages se sont installés à partir de 1893. Le cheptel mélanésien s'est développé dans les années 1950

lors de l'agrandissement des réserves imposé par le code de l'indigénat. Ce bétail y était semi-sauvage, présent sur des parcelles non clôturées et souvent difficiles d'accès (A. Metral, 2015).

### b) Type d'élevage et répartition

En 2012, l'élevage bovin occupait une place importante dans le monde agricole calédonien avec 96% de la surface agricole utile lui étant consacré. L'élevage est toujours majoritairement semi-extensif avec un chargement de 0,33 unité de gros bovin (UGB) par hectare (Davar, Isee, 2012). En 2019, le chiffre d'affaires de la filière bovine s'est élevé à 1.96 milliard de francs CFP (soit environ 16 millions d'euros) ce qui représente 13,2% de la production agricole finale (Davar, 2020b). Le dernier recensement de 2012 comptait 1 199 élevages soit 86 604 bovins (Davar, Isee, 2012). Le prochain recensement des élevages est prévu en 2022. Entre deux recensements, il est très difficile d'estimer le nombre de bovins sur l'île car ils ne sont pas tous identifiés. Lorsqu'ils le sont, il s'agit d'une indentation personnelle de l'éleveur ou une IPG (Identification Pérenne Généralisée) dirigé par l'organisme GDS-A (Groupement Défense Sanitaire Animal).

#### (1) Taille des élevages

Les élevages calédoniens se répartissent sur la province Sud, la province Nord et sur les îles Loyauté. En province des îles Loyauté, les élevages sont de petite taille (6 têtes par troupeaux en moyenne). En province Nord et Sud, différentes tailles d'élevage existent allant de moins de 20 têtes jusqu'à plusieurs centaines de têtes. Les petits élevages sont nombreux. Les plus grands élevages, dépassant les 500 têtes, sont encore présents en province Sud. Le nombre d'élevages diminue d'année en année. En effet, entre 2002 et 2012, on note une diminution de 18,4% des élevages et la dimension du cheptel la plus touchée est celle de 20 à 49 têtes (Davar, Isee, 2012).

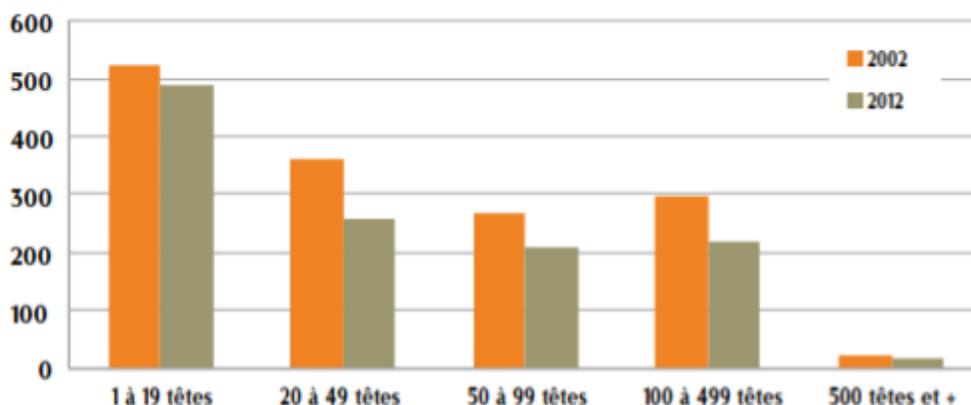


Figure 4: Nombre d'élevages en fonction de leur taille en Nouvelle Calédonie (Davar, Isee, 2012)



De plus, l'élevage bovin est souvent associé à d'autres pratiques agricoles. En effet, en 2012 le système de production en polyculture-élevage concernait plus de 60% des exploitations agricoles toutes sections comprises. L'élevage bovin est très souvent représenté sur la Grande Terre (Province Nord et province Sud) et seules 4,8% des exploitations agricoles réalisent de la monoculture ou du mono-élevage (Davar, 2014).

#### (4) Importation/exportation

Après les années 1878, une usine de conserverie à Ouaco a ouvert pour exporter les excédents de viande en boucherie. L'usine a fermé puis réouvert plusieurs fois selon les crises et les excédents en viandes. La Nouvelle-Calédonie a été autosuffisante en viande jusqu'en 1962. Cette même année, l'usine de Ouaco a fermé définitivement. Puis en 1967, des importations de viandes d'Australie et de Nouvelle Zélande ont été nécessaires pour répondre aux besoins de viande (Dubois, 1984).

En 2004, la Nouvelle Calédonie était redevenue presque autosuffisante (92% de couverture des besoins de viande, Davar, 2014). Toutefois, en 2005 et 2006, un effondrement des volumes de viandes abattues est perceptible, la filière étant moins attractive financièrement. Le prix de la viande avait été fixé et inchangé depuis 1997. Des aides ont été octroyées pour rendre la filière attractive : une aide à la vache allaitante de 20 000 francs CFP (167 euros) par veau jusqu'au 50<sup>ème</sup> veau, évoluant ensuite dégressivement par palier de nombre de veaux. De plus, une augmentation de 140 francs CFP (1,17 euros) sur le prix des carcasses a été adopté en 2014 (Metral, 2015). Ainsi, en 2019, le taux de couverture des besoins en viandes n'atteint que 57% (DAVAR, 2019).

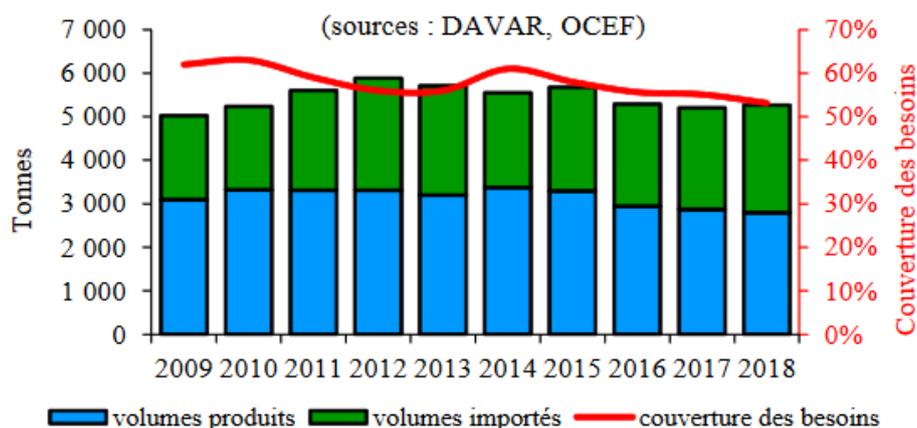


Figure 6: La production de viande locale en relation avec la couverture des besoins et les importations de viande (Davar, 2019)

### 3. Conclusion

Le nombre d'élevages est en forte baisse depuis quelques années. Bien que la production de viande bovine ne soit pas suffisante pour couvrir les besoins en viande, l'élevage bovin tient une place importante dans l'économie. D'un point de vue historique, l'élevage bovin a façonné le pays et les terres agricoles ont été hautement convoitées. Cela a modifié le paysage en créant de vastes étendues de savanes et de prairies qui ont été alors utilisées depuis des années. Malgré les conditions climatiques, l'élevage bovin s'est maintenu mais le grand frein à l'élevage calédonien a été l'introduction de la tique du bétail *R. microplus* en 1942 en Nouvelle Calédonie.

## B. La tique *R. microplus* en Nouvelle-Calédonie

### 1. Cycle de la tique *R. microplus*

La Nouvelle-Calédonie héberge six espèces de tiques, dont deux sont capables de parasiter les bovins : *R. microplus* (Figure 7) connue sous le nom de « tique du bétail » et *Haemaphysalis longicornis*. Toutefois *R. microplus* est responsable de grandes infestations engendrant des pertes de production alors que *Haemaphysalis longicornis* n'entraîne que des infestations modérées.

De nouvelles études morphogénétiques distinguent la *R. microplus* présente en Nouvelle-Calédonie de la tique *R. microplus* originelle du Sud Est asiatique. La tique originelle *R. microplus* aurait évolué en migrant en Australie, puis en Nouvelle Calédonie et dans quelques îles voisines et on pourrait la renommer *Rhipicephalus Boophilus australis*. En Nouvelle Calédonie, la tique présente est toujours nommée *Rhipicephalus Boophilus microplus* (Hüe, 2019). On gardera ce nom pour le reste de la thèse.

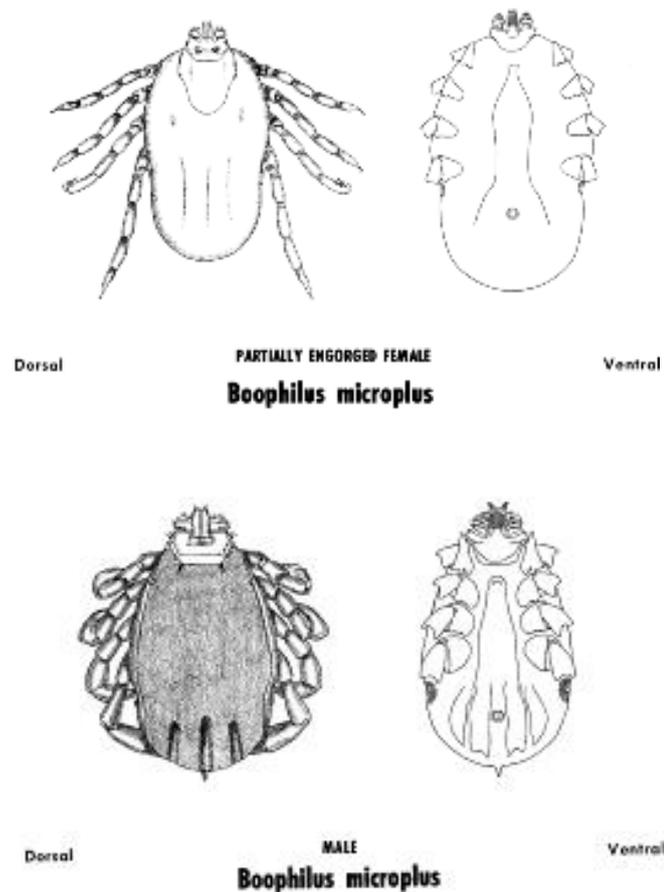
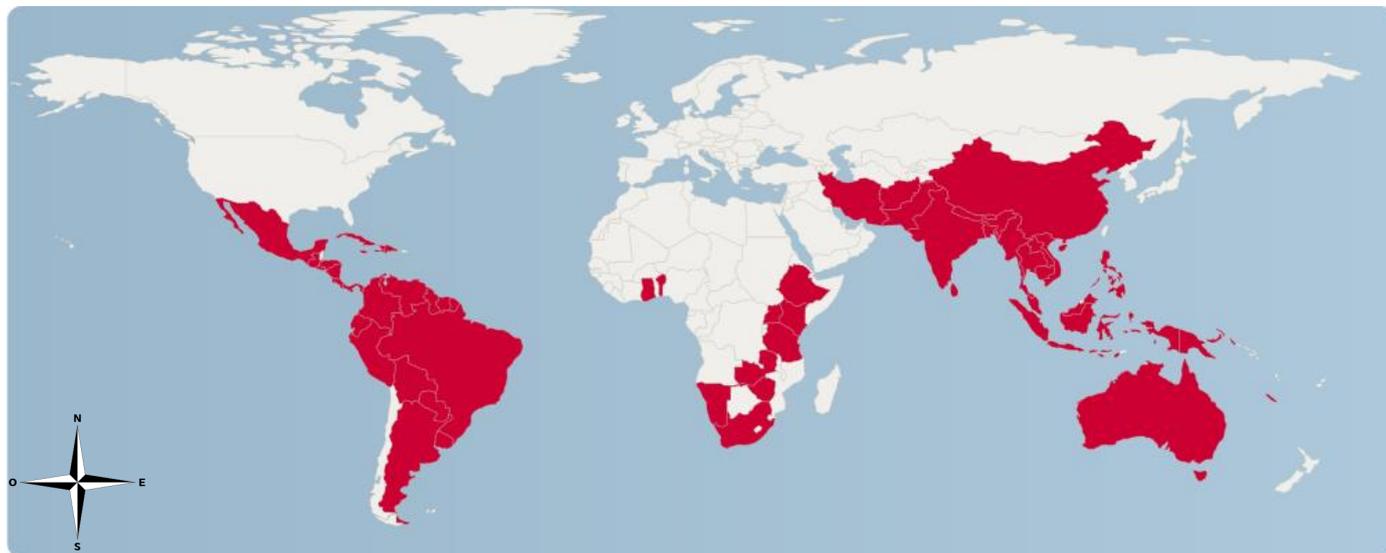


Figure 7: Planches anatomiques de la tique *R. microplus* (Departement of Agriculture, 1976)

*R. microplus* est une tique monoxène monotrope. Elle peut parasiter les bovins et d'autres grands mammifères tels que les chevaux, les chèvres, les moutons et les cerfs. Elle est d'origine asiatique et s'est répartie très largement (Figure 8) dans les zones tropicales et subtropicales (Barre, Uilenberg, 2010).

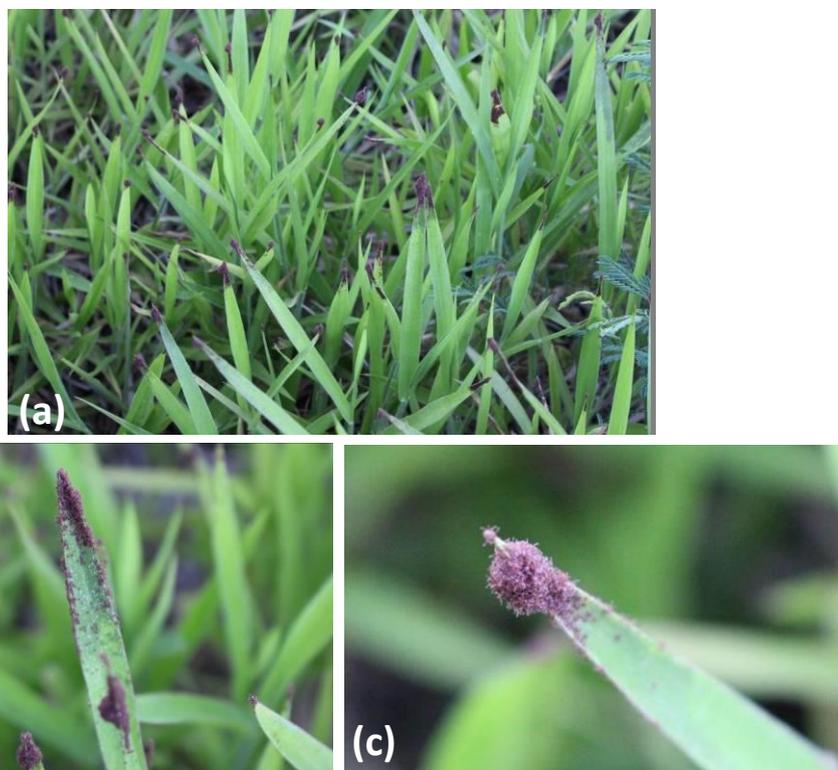


**Figure 8: Carte de l'aire de répartition géographique des tiques *R. microplus* (Burrow et al., 2019 ; Rodriguez-Vivas et al., 2018).** La présence de la tique *R. microplus* dans le pays ne signifie pas qu'elle s'étend dans tout le pays. Les zones blanches indiquent l'absence de *R. microplus* dans ces régions

Le cycle de *R. microplus* présente une phase libre et une phase parasitaire. Pendant la phase libre, *R. microplus* est sous forme d'œuf puis de larve « infestante ». Une larve infestante est une larve qui attend le passage d'un hôte près d'elle pour s'y accrocher (Figure 9) et effectuer la phase parasitaire suivante. Cette deuxième phase comporte trois stades : la larve, la nymphe puis le stade adulte. Elle dure en moyenne 21 jours. Les parasites sont localisés sur le fanon, les épaules, le cou, les aisselles, l'aîne, l'abdomen, les parties génitales (Department of Agriculture, 1976). Le cycle se déroule ainsi (Figure 10) :

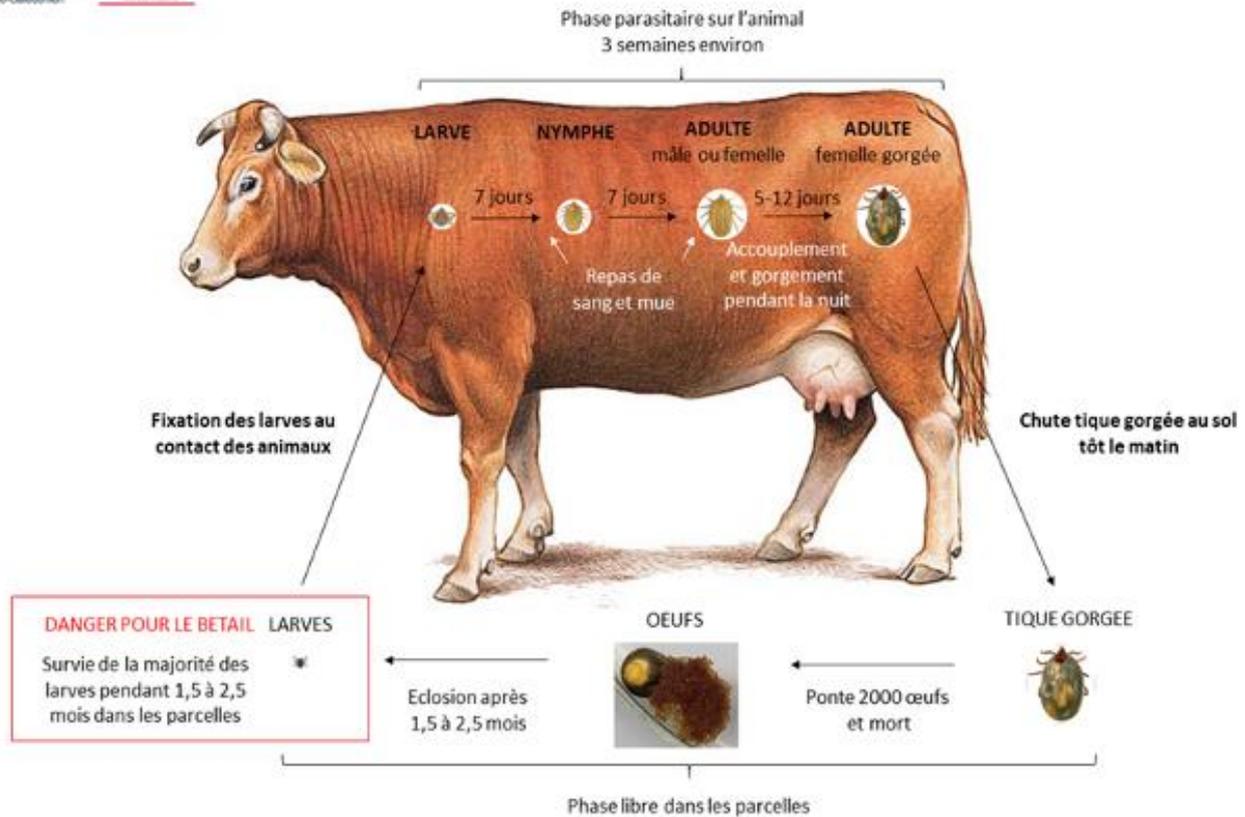
- ❖ De la larve infestante à la tique adulte : La larve infestante trouve un hôte et s'y attache. Elle mue en nymphe après un repas de sang puis en adulte après un deuxième repas de sang. Les phases de repas de sang durent environ sept jours (Department of Agriculture, 1976).
- ❖ De la tique adulte à la tique gorgée : L'accouplement des tiques se déroule lors du dernier repas de sang. Les mâles peuvent réaliser plusieurs accouplements et font de multiples et courts repas de sang (Department of Agriculture, 1976). La femelle adulte (3<sup>ème</sup> stade de développement parasitaire) a un repas de sang progressif puis très rapide lors des dernières heures du repas qui constitue le « gorgement ».

- ❖ Détachement de la tique gorgée à la ponte : La tique gorgée se détache de son hôte le matin. Le détachement des tiques gorgées est encore plus rapide lorsque les journées sont ensoleillées et lorsque les bovins se déplacent (Barré, Delathière, 2010). Une tique gorgée peut se déplacer jusqu'à 2 mètres après son détachement (Desquesnes, 1988). La femelle gorgée a besoin d'un sol frais et ombragé. Elle ne survit pas sur un sol nu. Elle se positionne dans la couche superficielle du sol et pond 3 à 4 jours après. La femelle meurt après une ponte de 11 à 15 jours. Une femelle peut produire 2 600 à 3 000 œufs dans des conditions optimales avec une température entre 22 et 27°C et une humidité relative de 85% (Barré, Delathière, 2010). L'incubation des œufs dure 20 à 25 jours. La durée entre le détachement de la tique gorgée et l'éclosion peut varier de 1,5 à 2,5 mois selon la période de l'année en Nouvelle-Calédonie (Desquesnes, Vignon, 1987).
- ❖ De la ponte à la larve infestante : Une larve peut se déplacer jusqu'à 30 mètres de son lieu d'éclosion dans des herbes longues (Lewis, 1970) et peut survivre en moyenne 1,5 à 2,5 mois selon la période de l'année en Nouvelle-Calédonie (Marc Desquesnes, Vignon, 1987). Une larve infestante peut passer jusqu'à 80% de son cycle à attendre le passage d'un hôte près d'elle (Leal et al., 2018). Les larves se localisent à l'extrémité des herbes et attendent l'approche d'un hôte (Figure 9).



**Figure 9** : Photographies de larves infestantes en attente d'un hôte dans les pâturages (©IAC) (a) Les larves sont à l'extrémité des hautes herbes ; (b) plan sur une herbe (c) plan sur une autre herbe

## Cycle de la tique simplifié



**Figure 10: Cycle de la tique *R. microplus* en Nouvelle-Calédonie**

En Nouvelle Calédonie, la répartition des pluies au long de l'année, le nombre de jours de rosée et l'humidité atmosphérique maintenue par la proximité de la mer permettent le développement de la tique même en période de sécheresse. La tique du bétail peut réaliser son cycle toute l'année. Une étude en 1998 sur 143 éleveurs a répertorié la période de l'année où les éleveurs observaient de fortes infestations de tiques. Cette période se situe majoritairement de décembre à avril, c'est-à-dire en période chaude et humide (Barré, Delathière, 2010).

## 2. Introduction de la tique et ses conséquences

### a) Introduction de la tique

Les premiers bovins en Nouvelle Calédonie ont été importés d'Australie au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle. A ce moment-là, l'Australie était encore indemne de *R. microplus*, celle-ci étant apparue en 1872 dans le Nord de l'Australie (Hüe, 2019). Devant le danger d'importation de la tique, une quarantaine été mise en place à partir de 1860. En 1920, les animaux devaient subir un déparasitage externe avant et après l'introduction sur le territoire calédonien. Toutefois, les animaux en provenance du Queensland avaient un accord pour réaliser le déparasitage uniquement lors de la quarantaine en Nouvelle-Calédonie.

Pendant la seconde guerre mondiale, la Nouvelle-Calédonie devint une base américaine. Afin de répondre aux besoins alimentaires croissants, le rythme des importations s'est intensifié. En 1942, 2048 chevaux et mulets dont 1384 en provenance de Brisbane sont arrivés en Nouvelle-Calédonie. Une partie de ces animaux ont débarqué sans soins de quarantaine, ni de traitements antiparasitaires externes et ont pu transporter la tique du bétail en Nouvelle-Calédonie. A cette même époque, l'importation de foin massive a pu elle aussi importer la tique du bétail. Ainsi, la première présence de la tique du bétail sur le cheptel bovin a été remarquée en décembre 1943 (Hüe, 2019).

#### b) Historique de lutte contre la tique

En 1944, le but des services vétérinaires était l'éradication de la tique mais l'opération a échoué. L'importation de la tique du bétail en Nouvelle Calédonie a été perçue comme un dommage de guerre et le gouvernement a financé les acaricides (Hüe, 2019). En 1951, une lutte chimique fut décidée à l'échelle du territoire (Hüe, 2019).

En 1997, un comité de lutte contre la tique a été créé pour mettre en contact les professionnels, l'administration, les services techniques et la recherche afin d'organiser la lutte contre la tique en Nouvelle-Calédonie et apporter des discours semblables aux éleveurs. D'autres moyens de lutte contre la tique se sont développés dont la lutte génétique. Ainsi, le gouvernement a octroyé une aide à l'achat de reproducteurs génétiquement résistants en 2007 (Hüe, 2019). En 2010, le comité de lutte contre la tique a été remplacé par la structure GDS-A (Groupement de défense sanitaire animale). Son but est la maîtrise sanitaire des troupeaux de bovins et la lutte contre la tique en fait partie. Un de ses objectifs est de participer à la mise en place d'une lutte intégrée contre la tique dont les luttes chimiques, génétique et agropastorale.

En 2012, des professionnels et les différents acteurs de la filière bovine se sont réunis sous le nom de la « charte bovine » et ont abordé différents thèmes pour développer la filière. La gestion de la tique était et reste un des sujets de préoccupation majeure.

#### c) Organisation actuelle

Aujourd'hui encore, la lutte chimique se poursuit et la plupart des traitements acaricides à l'exception des traitements à base d'ivermectine courte action sont toujours financés par le gouvernement. Des tests de laboratoire au LNC (Laboratoire de Nouvelle-Calédonie) sont disponibles auprès des éleveurs pour contrôler le niveau de résistances aux acaricides des tiques de leur élevage et la concentration des produits acaricides utilisés en bains ou en pulvérisations pour traiter les animaux contre les tiques.

L'organisme GDS-A s'implique dans la gestion de la tique en Nouvelle-Calédonie. En octobre 2019, 561 élevages étaient suivis et identifiés par le GDS-A. Parmi ceux-ci, 152 élevages ont réalisé une visite « lutte contre la tique » ou sanitaire. En ce qui concerne la lutte chimique, les produits acaricides « rémanents » ou « longue action », c'est-à-dire dont l'efficacité est prolongée dans le temps, sont appliqués uniquement par des agents du GDS-A. Il s'agit de l'Ivomec Gold ND (Ivermectine, Boehringer Ingelheim) et l'Acatak ND (Fluazuron, Novartis). Le reste des produits acaricides est disponible sans intermédiaire. De même, le GDS-A est impliqué dans la lutte agropastorale et engage des conseillers pour l'application et le suivi des mesures agropastorales. En octobre 2019, 31 des 561 élevages identifiés par le GDS-A étaient suivis pour une lutte agropastorale (GDSA, 2019).

En ce qui concerne la lutte génétique, « la tropicalisation » du cheptel est un objectif de lutte. La tropicalisation consiste à introduire des bovins de race génétiquement résistante à la tique dans un cheptel initial composé de bovins de races européennes qualifiée de *Bos taurus*. La tropicalisation est complète lorsqu'il y n'y a plus de bovins de type *Bos taurus* dans le cheptel. Les élevages répertoriés en 2019 par le GDS-A sont composés en moyenne à 35% de race bovine européenne (GDSA, 2019). Néanmoins, la gestion de la tique chez les éleveurs qui veulent conserver des races bovines européennes sensibles à la tique telles que les charolais ou les limousins est une problématique toujours d'actualité.

#### d) Conséquences sur les cheptels

La tique du bétail, par son seul effet de spoliation sanguine, entraîne des grandes pertes de production chez les bovins qui ne sont pas résistants à la tique. Par chance, les maladies transmises par la tique du bétail ne sont pas présentes sur le territoire, à l'exception d'un foyer résiduel de babésiose introduit en 2007 et qui reste restreint à une zone géographique soit 2 élevages bovins (Barré et al., 2011 ; Hüe, 2019).

Une forte infestation par les tiques nuit à l'élevage bovin de races sensibles. En effet, une tique femelle gorgée peut prélever 0,5 à 1,5g de sang. Un bovin infesté de 250 tiques perd 0,2 à 0,4L de sang pour que les tiques se gorgent (Barré, Delathière, 2010).



**Figure 11: Photographies de bovins subissant des fortes infestations par les tiques (©IAC)**

(a) Charolaise présentant des tiques gorgées dans le cou et sur la tête, des traces de sang et quelques dépilations ;  
 (b) Charolaise présentant de nombreuses tiques gorgées au niveau du périnée

Si l'infestation massive perdure, les bovins peuvent présenter des retards de croissance, de l'amaigrissement et lors de cas extrêmes ils peuvent en succomber (Hüe, 2019). Dans ces cas, on parle de syndrome d'intoxication. Les bovins répugnent à se déplacer et présentent des anémies, des œdèmes, une respiration accélérée. Les lésions cutanées débutent par de l'inflammation (rougeur, œdème) puis se poursuivent par des dépilations étendues. Ensuite, la peau subit de la nécrose, de l'hyperkératose, des desquamations. Des plaies sanguinolentes peuvent s'infecter et devenir des abcès. Dans cet état, le bovin est très affaibli et si l'infestation persiste, il peut en mourir (Barré, Delathière, 2010).

En ce qui concerne la production laitière, une tique gorgée entraîne la diminution de 9mL de lait par jour sur des vaches Holstein-Frisonnes (Jonsson et al., 1998).

De façon générale, lors d'une infestation par les tiques, les bovins passent plus de temps à se gratter qu'à manger. Ceci entraîne une perte d'appétit des animaux, qui se traduit par une perte de poids. Sutherst et al. (1983) suggère une corrélation entre la perte de poids entraînée par les tiques et le GMQ (Gain Moyen Quotidien). Une tique femelle adulte entraîne une perte de 0,47 gramme de poids vif pour un GMQ bas (-120 à +90g/jour en moyenne) et de 0,72 à 1,52 gramme de poids vif pour un GMQ élevé (310 à 590g/jour). Le développement de 1 300 larves au stade de femelles gorgées entraîne une perte de poids de 1kg sur le GMQ d'un bovin (Barré, Delathière, 2010).



**Figure 12: Photographies de bovins subissant des infestations par les tiques (©IAC)**

(a) Limousine présentant une peau cartonnée, dépilée, témoignant d'une ancienne infestation par les tiques ;

(b) Charolaise présentant une infestation moyenne par les tiques, des tiques gorgées sont visibles au niveau du cou

### 3. Conclusion

La tique *R. microplus* est donc un fléau pour l'élevage calédonien. Le maintien des races sensibles à la tique telles que les charolais et les limousins est compromis. Ces races ont un poids historique et ont des qualités de production et de reproduction importantes, c'est pourquoi les éleveurs calédoniens y sont attachés. Les tiques sont présentes toute l'année et entraînent des pertes de production majoritairement dans ces élevages. Dans la partie suivante, nous allons explorer les différents moyens de lutte disponibles et utilisés en Nouvelle Calédonie : la lutte chimique, agropastorale, vaccinale et génétique.

## C. Les différents moyens de lutte

### 1. Lutte acaricide

Un traitement acaricide est l'application d'un produit qui permet de tuer les tiques au contact des animaux traités. C'est souvent la seule lutte contre les tiques utilisée chez les éleveurs bovins. Le problème majeur de la lutte acaricide est le développement de résistance des tiques à l'acaricide utilisé.

Une résistance apparaît lorsqu'un pool d'individus possède une caractéristique physique ou chimique permettant de survivre lors de l'utilisation du produit acaricide. Lorsque les tiques sont mises en contact avec un acaricide, les individus résistants survivent et se reproduisent, augmentant la population génétiquement résistante. Plus la population est soumise à un même acaricide, plus elle sélectionne la caractéristique permettant d'y survivre donnant la résistance à cet acaricide.

#### a) Des installations particulières et acaricides utilisés en Nouvelle-Calédonie

Actuellement, la principale molécule acaricide utilisée en Nouvelle-Calédonie est l'amitraze. Une étude de 1998 a répertorié les principaux modes de traitements acaricides pour l'amitraze et la deltaméthrine sur 148 élevages : 33,1% des élevages sont traités par bain (ou piscine), 35,8% par couloir d'aspersion, 12,1% par pompe à main et 18,9% par pompe à moteur (Barré, Delathière, 2010). Ces différentes méthodes nécessitent de diluer le produit antiparasitaire pour obtenir une solution à appliquer sur le corps des animaux :

- ❖ Le « bain » ([Figure13 \(a\)](#)) consiste à faire passer les bovins dans un couloir avec une piscine afin que leurs corps passent entièrement dans la solution.
- ❖ Le couloir d'aspersion ([Figure13 \(b\)](#)) permet l'application de la solution à l'aide de jets installés dans un couloir.
- ❖ Les pompes à main ou moteur permettent de pulvériser manuellement la solution sur le corps de l'animal.

Ces traitements sont réalisés par les éleveurs. Le traitement par bain est adapté à des grands troupeaux alors que les techniques par aspersion sont réalisées sur des troupeaux de plus petite taille.



**Figure13: Photographies des installations de bains et de couloirs d'aspersion (©IAC)**

a) Bain ou « piscine », b) couloir d'aspersion

D'autres traitements acaricides sont réalisés par injection ou en application *pour-on*. L'application *pour-on* consiste à déposer sur la ligne du dos une solution antiparasitaire liquide qui va ensuite diffuser sur toute la peau de l'animal. Il existe deux sortes de traitements acaricides : les traitements longue action ou les traitements courte action.

Les traitements acaricides « longue action » ou rémanents utilisés en Nouvelle-Calédonie sont l'Ivomec Gold ND (Ivermectine, Boehringer Ingelheim) par injection intramusculaire et l'Acatak ND (Fluazuron, Novartis) en *pour-on*. Les traitements longue action permettent de garder une concentration sanguine efficace du produit acaricide des bovins pendant une période d'environ 6 semaines. Ainsi, les bovins sont protégés contre les tiques pendant toute cette période.

Les traitements « courte action » éliminent les tiques adultes le jour du traitement mais n'empêchent pas les infestations par des larves dans les jours à venir à l'exception des lactones macrocycliques qui possède une rémanence de quelques jours (Kiki-Mvouaka, 2009). Les lactones macrocycliques de courte action sont appliquées en *pour-on* ou par injection sous cutanée selon les formulations (Barré, Delathière, 2010).

## b) Utilisation des acaricides au fur et à mesure de l'apparition de résistances

Il existe différentes façons de mener une lutte acaricide : l'alternance des produits acaricides issus de familles différentes (Thullner et al., 2007), la stratégie de saturation comprenant l'utilisation d'un type d'acaricide jusqu'à sa perte d'efficacité et l'association de molécules (Rodriguez-Vivas et al., 2018).

En Nouvelle-Calédonie, la stratégie de saturation a été appliquée. A chaque développement de résistance sur un produit, un nouveau produit est utilisé presque exclusivement et intensément. Ainsi, plusieurs générations de produits ont perdu leur efficacité. Le Tableau 1 résume les différents acaricides utilisés en Nouvelle-Calédonie et leur statut de résistance.

Lorsqu'un produit ne réussit pas à assainir le troupeau de ses tiques ou que les infestations sont trop fréquentes, le problème de résistance se pose. Des tests de résistances sont utilisés pour évaluer le degré de résistance des tiques aux produits utilisés. Pour la deltaméthrine et l'amitrazé, le modified Larval Package Test, respectivement selon les protocoles de Stone et Haydock (1962) et de Miller (2002) permettent d'établir la concentration nécessaire à la mort de 50% (DL50), 90% (DL90) et 99% (DL99) des larves. Ensuite, la population de tiques prélevées peut être classée sensible, intermédiaire ou résistante à l'acaricide testé (Petermann et al., 2016).

Pour la deltaméthrine, ce classement est effectué en faisant le rapport de la DL50 obtenue, concentration provoquant la mort de 50% des larves testées, avec une DL50 de référence d'une souche sensible à la deltaméthrine. Si ce rapport est :

- ❖ Inférieur à 3 : la souche testée est « sensible »
- ❖ Entre 3 et 5 : la souche testée est « intermédiaire »
- ❖ Supérieur à 5 : la souche testée est « résistante »

Pour l'amitrazé, le classement est effectué par rapport à la DL99, concentration provoquant la mort de 99% des larves de la souche testée :

- ❖ Si la DL99 est inférieure à 1,0g/L : la souche testée est « sensible »
- ❖ Si la DL99 est comprise entre 1,0 et 2,0g/L : la souche testée est « tolérante »
- ❖ Si la DL99 est supérieure à 2,0g/L : la souche testée est « résistante »

En 2016, 23% de 74 souches testées ont présenté un statut tolérant ou résistant à l'amitrazé et 26% de 62 souches testées étaient de statut intermédiaire ou résistant à la deltaméthrine (Hue et al., 2016). Des tests de laboratoire sont effectués pour chercher une éventuelle résistance aux ivermectines et aucune résistance à n'a été décelée à ce jour (Petermann et al., 2016). Il n'existe pas de test de résistance actuellement sur le territoire pour le fluazuron.

**Tableau 1: Matières actives, période d'utilisation et apparition des résistances (Hüe, 2019)**

Acaricide	Utilisation	Dates de début de résistance	Prévalence de souches résistantes ou en cours d'acquisition de résistance
<b>Dérivés arsénicaux</b>	1944-1950		
<b>DDT</b>	1947-1973		1987 : 40% des 58 souches testées
<b>Ethion</b>	1973-1987	1980	1983 : 8.3% 1986 : 50% 1987 : 89% 1998 : 36,8% 2000 : 20,2% des 69 souches testées
<b>Deltaméthrine</b>	1982-2003	1991	1998 : 57% (étude sur 10% des élevages calédoniens) 2016 : 26% (62 souches testées)
<b>Fluméthrine</b>	1983-1986		
<b>Chlorpyrifos éthyl</b>	1994-1996		
<b>Amitraze</b>	1996-...	2003	2014 : 23,3% 2016 : 23% (74 souches testées)
<b>Lactones macrocycliques</b>	2003-...		
<b>Ivermectine longue action</b>	2005-...		
<b>Fluazuron</b>	2008-...		

### c) Freiner l'apparition des résistances

Les acteurs de la lutte chimique ont essayé de freiner l'apparition des résistances en adaptant les pratiques d'utilisation des acaricides dans les élevages.

#### (1) Fréquence de traitement

Le rythme des traitements acaricides a été adapté pour freiner l'apparition des résistances des tiques aux acaricides. En 1944, les recommandations étaient de traiter les animaux en piscine tous les 14 jours pendant 10 mois consécutifs pour assainir les terrains

agricoles en tiques. Il s'agissait de traitement systématique, qui est un traitement réalisé à des intervalles définis sans prendre en compte l'infestation des bovins. Puis, un traitement mensuel s'est mis en place. Or, une fréquence élevée d'application des acaricides accélère le développement de résistance. Ainsi, en 1996, il a été conseillé aux éleveurs de traiter « à vue », uniquement lors de présence des tiques pour éviter le traitement systématique et freiner le développement de résistance aux traitements acaricides (Hüe, 2019).

### *(2) Concentration des produits acaricides utilisés*

Un suivi de l'application des acaricides par les éleveurs est réalisé pour veiller aux bonnes pratiques d'élevages et éviter le développement de résistances des tiques aux acaricides. En effet, une concentration inadaptée du produit acaricide amène à constater une « fausse résistance » car en cas de sous dosage, toutes les tiques ne seront pas éliminées. Cela peut aussi entraîner un développement de résistance, surtout si la fréquence des traitements est élevée.

Une étude de 1998 a montré que les concentrations efficaces d'amitraze ou de deltaméthrine n'étaient pas respectées dans la majorité des cas. Seulement 33% des 48 bains analysés étaient à la bonne concentration avec 65% des bains sous dosés et 2% sur-dosés. Pour les traitements en couloirs, 56% des 35 cuves d'aspersion n'étaient pas à la bonne concentration, la plupart étant sur-dosées (Barré, Delathière, 2010). Une mauvaise application des traitements acaricides peut mener à un sous dosage ou à un surdosage.

Les éleveurs peuvent envoyer des échantillons de leurs bains ou de cuves au LNC (Laboratoire de la Nouvelle-Calédonie) pour vérifier la bonne concentration du produit acaricide afin de réaliser des traitements acaricides efficaces et ainsi freiner le développement de résistance. Un entretien des infrastructures et une bonne connaissance des calculs de concentration efficace est nécessaire pour réaliser les traitements acaricides.

### *(3) Conseils de traitements prodigués par le GDS-A*

L'utilisation des acaricides longue action est contrôlée par le GDS-A pour freiner le développement de résistances des tiques à ces acaricides. Les éleveurs ont accès aux lactones macrocycliques de courte action et aux traitements à base d'amitraze mais doivent passer par des acteurs du GDS-A pour traiter leur troupeau avec des acaricides longue action : Acatak ND (Fluazuron, Novartis) et Ivomec Gold ND (Ivermectine, Boehringer Ingelheim). En effet, les acaricides longue action sont connus pour développer plus rapidement des résistances (Kunz, Kemp, 1994).

Ainsi, l'utilisation de traitement longue action est limitée à un maximum de deux traitements par an. Ces traitements longue action sont réservés aux élevages résistants à l'amitraze ou aux éleveurs de races taurines, très sensibles à la tique. Le GDS-A conseille de ne pas purger les animaux avec de l'ivermectine sauf si les éleveurs veulent traiter les animaux contre les tiques en même temps. Il est conseillé d'utiliser de l'ivermectine courte action au maximum deux fois par an dans un élevage.

#### d) L'utilisation de traitements longue action pour assainir les parcelles en larves de tiques

Outre son utilisation curative par l'élimination des tiques, les formulations longues actions permettent d'assainir les parcelles en larves de tiques. Ainsi, ces molécules rémanentes ont une action préventive. Les animaux traités sont protégés pendant plusieurs semaines contre les tiques. Tant que le produit est en assez grande concentration dans le sang, les larves s'attachant aux bovins ne peuvent pas finir leur cycle. Ainsi, les parcelles sont assainies en larves de tiques. Les temps de protection dans les notices sont de 9 semaines (60 à 70 jours) pour l'Ivomec Gold ND (Ivermectine, Boehringer Ingelheim) et 12 semaines pour l'Acatak ND (Fluazuron, Novartis). Ces temps d'action sont remis en cause par plusieurs publications. Des tiques ont été collectées 4 à 7 semaines après un traitement à l'Ivomec Gold ND (étude non publiée ; Davey et al., 2010 ; Gomes et al., 2015 ; Hüe, Fontfreyde, 2019) et 6 à 7 semaines après un traitement à l'Acatak ND( étude non publiée ; Benavides et al., 2017 ; Gomes et al., 2015 ; Hüe, Fontfreyde, 2019).

Pour assainir une parcelle en larves infestantes, il faut un chargement minimum de cinq bovins par hectare pendant une semaine (Sutherst et al., 1978). Les bovins qui passeront dans les parcelles infestées de larves vont en récupérer la plus grande partie. Ainsi, lors d'un passage ultérieur de bovins dans ces parcelles, la quantité de larves sera faible et le risque de ré-infestation des bovins sur ces parcelles sera moindre.

Le choix entre les deux acaricides longue action se fait principalement sur le temps d'attente. Si l'éleveur veut envoyer des veaux à l'abattoir, les éleveurs vont préférer l'Ivomec Gold ND qui a un délai d'attente pour les veaux de 105 jours contre 120 jours pour l'Acatak ND. Pour les vaches adultes, le temps d'attente est aussi de 105 jours avec l'Ivomec Gold ND et de 42 jours avec l'Acatak ND. D'autre part, si de la pluie est prévue dans les jours qui suivent le traitement, l'injection d'Ivomec Gold ®est préférée à une application pour-on d'Acatak ND. De plus, les acteurs du GDS-A essaient de réaliser une alternance entre les deux produits.

### e) Conclusion

En juillet 2019, 30% des élevages bovins en Nouvelle Calédonie ont noté des baisses d'efficacité pour les bains à l'amitrazé (Chambre d'agriculture Nouvelle Calédonie, 2019). Les ivermectines et le fluazuron sont les seules molécules encore pleinement efficaces et leurs utilisations sont contrôlées par le GDS-A. Le retour aux anciennes molécules pour traiter des tiques résistantes aux molécules actuelles pourrait être une option. Toutefois, la réversion de résistance est plus longue que sa création (Rodriguez-Vivas et al., 2011). Des anciennes molécules ne seraient pas forcément efficaces durablement sur les populations de tiques actuelles. Elles peuvent être utilisées ponctuellement une fois et être performantes, mais elles perdent très rapidement leur efficacité lorsque les traitements sont renouvelés. En effet, en Nouvelle-Calédonie, l'utilisation de l'éthion s'est arrêtée en 1987 mais en 2000, 20,2% des 69 souches testées restaient résistantes à cet acaricide. De même, l'utilisation de la deltaméthrine s'est interrompue en 2003, mais même en 2014, la réversion de sa résistance n'était pas complète (Hüe, 2019). Ainsi, de par la persistance des résistances dans le temps, les nouvelles molécules efficaces sont devenues rares et précieuses.

L'utilisation des acaricides doit être raisonnée mais la seule lutte acaricide ne semble pas être une option pour contrôler les infestations par les tiques en Nouvelle-Calédonie. Ainsi une lutte intégrée est devenue une solution plus durable. Il faut associer les différents moyens de lutte pour maintenir les populations de tiques à un niveau tolérable par les animaux.

## 2. Lutte agropastorale

La lutte agropastorale consiste à moduler les techniques d'élevage ainsi que l'environnement afin d'éviter une prolifération des tiques aboutissant à des infestations massives. Le but est d'éviter au maximum le contact entre les bovins et des larves infestantes afin que les populations de tiques ne puissent pas se reproduire de façon optimale et de réduire le nombre d'individus dans la population de tiques des parcelles occupées par les bovins.

La lutte agropastorale présente plusieurs approches. Dans un premier temps, nous nous intéresserons à la rotation de parcelle qui est la méthode la plus appliquée dans la lutte agropastorale. Ensuite, nous verrons d'autres moyens de lutte agropastorale.

### a) La rotation de parcelles

#### (1) Principe

La rotation des parcelles a pour but de maintenir les populations de tiques à une quantité minimale dans les pâturages ne permettant pas d'infestations massives. Les pâturages sont divisés en plusieurs parcelles clôturées et indépendantes les unes des autres. Les bovins

sont changés de parcelles pour effectuer les rotations. Quand une parcelle n'est pas utilisée par des bovins, elle est qualifiée « d'au repos » ou « en défens ». Pour éviter une nouvelle vague d'infestation massive par des tiques, les bovins ne doivent pas pâturer dans une parcelle avec des larves infestantes viables.

Selon la méthode utilisée, la rotation des pâturages est plus ou moins efficace pour lutter contre les tiques. Par exemple, une expérience sur 2 ans a mis en place une rotation entre 2 parcelles avec un traitement acaride à chaque changement de parcelle et un temps de repos des parcelles suffisant pour que les larves de tiques meurent. Des traitements supplémentaires étaient réalisés lors d'infestation par les tiques. Par rapport à un troupeau traité témoin n'appliquant pas la rotation des parcelles, le nombre de traitements acaricides du troupeau suivi pendant 2 ans pour la lutte agropastorale a été diminué de 60% et la probabilité d'infestation massive par 64% (Harley, Wilkinson, 1964).

Au contraire, une étude brésilienne montre qu'une rotation de 21 parcelles (0,31 hectare chacune) avec un temps de repos de 20 jours en saison humide ne diminue pas la pression parasitaire des bovins par rapport à une pâture sur une seule parcelle (6,5 hectares) sur la même période avec des troupeaux de Simmental (Nicaretta et al., 2020). Ainsi, il y a de nombreuses méthodes de rotations et il faut adapter la méthode à l'élevage. La méthode utilisée en Nouvelle-Calédonie est présentée ci-dessous.

*(2) Rotation de parcelles en Nouvelle-Calédonie : un équilibre entre la lutte contre les tiques et l'accès à la valeur fourragère optimale*

Des premières recherches effectuées par Desquesnes et Vignon (1987) avaient estimé que la période nécessaire pour assainir des parcelles était de 3 à 5 mois selon les saisons en Nouvelle-Calédonie, ce qui correspond à la durée de la phase libre du cycle de la tique. Pour évaluer la durée de cette phase libre, ils ont additionné deux durées :

- ❖ D1 : la durée entre le détachement de la tique gorgée et l'éclosion des œufs
- ❖ D2 : la durée entre l'éclosion et la mort de 80% des larves

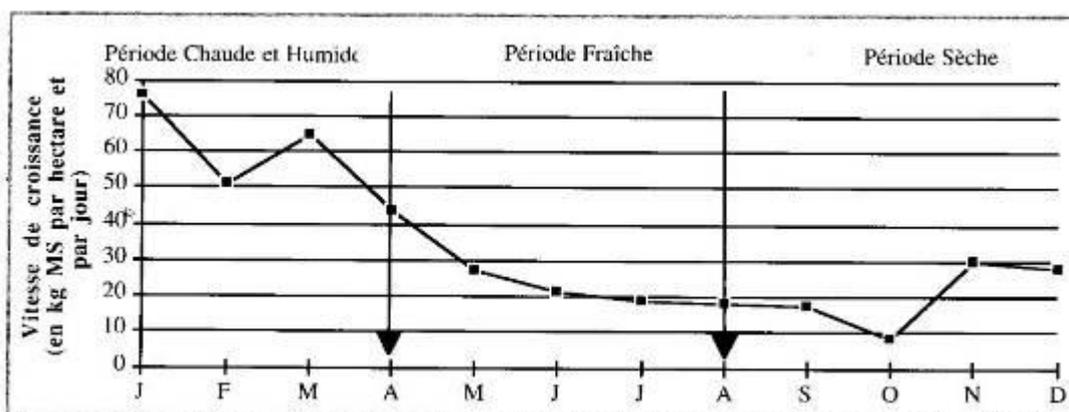
Or, la valeur fourragère de l'herbe est plus importante après 4 à 6 semaines de pousse en Nouvelle-Calédonie. Hüe et Fontfreyde (2019) ont interprété les données de Desquesnes et Vignon (1987) et ont réduit la période de repos des parcelles à la durée de présence de larves infestantes viables dans les parcelles, c'est-à-dire la durée entre l'éclosion et la mort de 80% des larves (D2).

Les différentes durées D1, D2 et D1 + D2 sont indiquées dans le Tableau 1. Ainsi, la durée D1 ne présente pas de risque d'infestation pour les bovins dans la parcelle. Mais la durée D2 est une période où les larves cherchent leur hôte et donc la mise en contact des bovins à ce type de parcelle entraînera une infestation massive de tiques. D'après Desquesnes et Vignon, (1987), les 20% de tiques restantes au bout du temps D2, ne sont pas suffisamment actives pour permettre une infestation massive. Ainsi la mise au repos des parcelles contaminées intervient pendant la période D2 et dure 1,5 à 2,5 mois selon les saisons (Hüe et Fontfreyde, 2019).

**Tableau 2: Temps de présence (en mois) des œufs et des larves dans une parcelles en Nouvelle-Calédonie selon les saisons (Desquesnes et Vignon, 1987)**

	Décembre à Mars	Avril à Mai	Juin à Septembre	Octobre à Novembre
<b>Du détachement de la femelle à l'éclosion (D1) = œufs dans la parcelle</b>	1,5	2	2,5	2
<b>Survie de 80% des larves (D2) = larves viables dans la parcelle</b>	1,5	2	2,5	2
<b>Total (D1 + D2)</b>	3	4	5	4

La diminution de la mise au repos des parcelles permet de profiter des pâturages lorsque la valeur fourragère est optimale, c'est-à-dire à la fin de la durée D1. Les bovins doivent partir au maximum 1,5 à 2,5 mois après l'observation de tiques gorgées sur des bovins dans la parcelle en question, ce qui est supérieur à 4 à 6 semaines qui est l'optimum de la valeur fourragère. Pendant la période D2, la parcelle va s'assainir en larves infestantes et les bovins pourront retourner pâturer sur cette parcelle sans subir d'infestation massive.



**Figure 14 : Production fourragère saisonnière à Port-Laguerre (Salas et al., 1994)**

Plus précisément, la vitesse de croissance des graminées a été suivie au cours de l'année 1990 à la station zootechnique de Port Laguerre (Figure 14). Ainsi, la croissance des graminées est plus importante de janvier à mars. En termes de valeurs nutritive, des rotations des parcelles doivent être plus courtes pour profiter des herbes « jeunes » le plus longtemps possible. Il faudrait revenir sur les parcelles toutes les 4 semaines à 6 semaines. Toutefois en fin d'année, la croissance des graminées est lente, les rotations peuvent être plus longues. Des mises en défens de 3 à 4 mois sont envisageables en termes de valeurs nutritives.

### *(3) La rotation de parcelles par le biais d'un calendrier de rotation*

Un calendrier de rotation permet d'observer et de prévoir les populations de tiques dans les différentes parcelles d'un élevage. Cette technique a été développée par le centre de recherche de l'IAC (Institut Néo-Agronomique Calédonien) puis a été transmise au GDS-A. Dans un calendrier de rotation, l'observation de tiques gorgées, les traitements et les déplacements de chaque troupeau sont notés. Ces données renseignent sur l'état d'infestation des parcelles, ce qui peut être inscrit ensuite sur le calendrier. Lors d'observation de tiques gorgées, les durées de présence d'œufs et de présence de larves infestantes dans la parcelle infestée sont indiquées dans le calendrier pour faciliter la gestion des troupeaux. Ainsi, un calendrier de rotation (exemple en Annexe 1) peut facilement estimer quelles parcelles sont les moins à risque d'infestation massive qui pourront ainsi accueillir des bovins. Pour permettre cette méthode, il faut :

- ❖ Un nombre de parcelles suffisant pour permettre une rotation entre les différentes parcelles (minimum 4 parcelles par troupeau)
- ❖ Un suivi de la gestion de l'élevage précis (un suivi sur le terrain du troupeau pour noter le jour et le lieu de l'observation de tiques gorgées, les déplacements de bovins entre parcelles, les possibilités de contacts entre troupeau, avec la faune sauvage...)
- ❖ Evaluation éventuelle de l'infestation de la parcelle par l'utilisation de « drapeau » pour confirmer ou infirmer les prévisions par le calendrier d'infestation par les larves de tiques

Le « drapeau » se présente sous une pièce de tissu de 0,7 x 1 mètre qui se met au contact de la pâture sur des distances de 100 mètres. Son but est de collecter des larves de tiques afin d'évaluer le niveau d'infestation de la pâture (Berger, 2019).

## b) D'autres mesures agropastorales pouvant être utilisées avec la rotation des parcelles

Deux élevages de bovins de race sensible aux tiques ont participé à une expérience au sujet de l'utilisation de rotation de parcelles. Chaque élevage était composé de deux troupeaux évoluant sur des parcelles distinctes. Un troupeau de chaque élevage a suivi des rotations de parcelles avec l'usage de traitements antiparasitaires raisonnés ainsi que d'autres mesures agropastorales pendant 2 ans. Le deuxième troupeau de chaque élevage n'a pas subi de changement de gestion et a servi de groupe témoin. Le nombre de traitements acaricides a été diminué dans les deux élevages de 82,9% et 70,9% entre leur troupeau témoin et leur troupeau ayant suivi des rotations de parcelles (Hüe, Fontfreyde, 2019). Les mesures agropastorales mises en place avec le calendrier de rotation sont détaillées ci-dessous.

### (1) *Des mouvements de troupeaux réfléchis*

Le déplacement des bovins peut permettre une contamination de parcelles si des tiques gorgées se détachent lorsqu'ils se déplacent. L'étude de Bianchi (2003) montrent que les tiques gorgées se détachent préférentiellement lorsqu'elles sont au soleil et majoritairement le matin et lorsque les animaux se déplacent. Donc il est déconseillé de déplacer les animaux le matin pour éviter la contamination des parcelles ou des chemins qu'ils traversent. Toutefois, Jonsson et al. (2000) a remarqué que la majorité des tiques se détachaient à 5h du matin dans un élevage laitier. Or, le détachement des tiques intervenait au moment du trajet des animaux vers la salle de traite et s'était adapté aux conditions de l'élevage laitier.

De même, lors de déplacement des bovins, si des tiques se détachent tout de même, il faudrait qu'elles se trouvent dans un environnement défavorable. Aussi, le désherbage diminue le taux d'humidité par absence de couvert végétal et rend l'environnement plus hostile à la survie des tiques. Les couloirs pour amener les bovins au stock-yard et le stock-yard lui-même sont des zones où peuvent se déposer les tiques gorgées qui produiront des larves et infesteront plus facilement les animaux du fait de la fréquence de leur utilisation. Il est alors conseillé de désherber ces zones afin que les larves s'y trouvant meurent plus rapidement. De même le désherbage d'une clôture entre deux parcelles éviterait le transfert des larves d'une parcelle à l'autre. L'efficacité de ces pratiques peut être discutable lorsque l'on sait qu'une tique gorgée peut se déplacer jusqu'à 2 mètres après son détachement (Desquesnes, 1988) et qu'une larve jusqu'à 30 mètres de son lieu d'éclosion dans des herbes longues (Lewis, 1970).

### (2) *Eviter les contacts entre différents troupeaux*

Il faut éviter le contact entre différents troupeaux de bovins dans les zones communes comme le partage d'un point d'eau pour éviter qu'un troupeau dépose des tiques gorgées dont les larves contamineront d'autres troupeaux. De même, l'utilisation de barrières internes à l'exploitation permettant de créer des parcelles distinctes est essentielle pour permettre une rotation des parcelles efficace et éviter que différents troupeaux d'une exploitation se mélangent. En effet, si les barrières internes sont insuffisantes, un bovin infesté peut traverser plusieurs parcelles et peut les contaminer toutes en même temps.

Les tiques peuvent être apportées par d'autres espèces animales. Les cervidés peuvent être des hôtes pour la tique *R. microplus*. En Nouvelle Calédonie, les cerfs sont une espèce envahissante et sont présents sur les parcelles dédiées aux bovins. Au début des années 2000, une enquête a montré que 73% des 148 éleveurs interrogés observent la présence de cervidés sur leurs exploitations. Toutefois, selon l'étude de Barré et al. (2001), les cerfs élevés dans les mêmes conditions que des bœufs charolais présentent 2,7 à 33 fois moins de tiques. Les cerfs sont donc porteurs de tiques mais ne sont pas des hôtes préférentiels. De plus, une autre étude De Meeûs et al. (2010) a montré que les populations de tiques des cervidés et bovidés sont génétiquement différentes. Toutefois, un portage de tiques bovines par les cerfs ne peut être exclu. Par précaution, il vaut mieux éviter le passage des cerfs dans les parcelles par l'intermédiaire de barrières externes.

### (3) *Des traitements acaricides raisonnés*

Les pratiques de traitements antiparasitaires doivent être adaptées aux rotations des pâtures.

Par exemple, on parle de « traitement stratégique » lorsque l'on traite au stade nymphe du cycle de la tique. Ainsi, par ce traitement on empêche la formation de tiques gorgées et donc une infestation de la parcelle où les bovins sont présents au moment de l'infestation (Berger, 2019). Ces traitements sont utilisés lorsque l'éleveur pense qu'il y a eu contamination des bovins par des larves de tiques. Il surveille alors son troupeau attentivement 2 semaines après l'arrivée des bovins sur une nouvelle parcelle afin d'identifier la présence de nymphes sur les animaux et de les traiter le cas échéant.

Lorsqu'un grand nombre de parcelles d'une exploitation sont infestées par des larves de tiques, il devient difficile de réaliser des rotations de parcelles sans subir une forte infestation par les tiques. Si les éleveurs sont des sélectionneurs de races européennes *Bos taurus* ou si les tiques de leurs élevages sont résistantes ou tolérantes à l'amitrazé, un traitement acaricide longue action peut être envisagé. Les animaux traités passent alors dans

les parcelles infestées par des larves de tiques qui s'accrochent à ces hôtes. Toutefois, les larves ne pourront pas finir leur cycle sur les bovins traités, ce qui a pour but d'assainir les pâturages en larves de tiques (Partie I.C.1.d).

*(4) Un exemple de mesures concrètes à mettre en place lors d'une lutte agropastorale*

Un partenariat entre l'IAC et le GDS-A a permis de suivre 22 élevages calédoniens pendant un à trois ans afin d'identifier les mesures agropastorales les plus efficaces dans un plan de lutte contre les tiques. Le tableau présenté par Berger (2019) indique différents moyens de lutte agropastorale (Tableau 3). Certains paramètres ont déjà été évoqués auparavant. L'efficacité du plan de lutte a été évaluée par la fréquence d'utilisation des acaricides. Une diminution de l'utilisation des acaricides témoigne de l'effet bénéfique de la lutte agropastorale sur la gestion de la tique. Une diminution de 32,9% des traitements acaricides, soit 2,6 traitements en moyenne, a été observée après un à trois ans de lutte agropastorale. Les mesures agropastorales positivement corrélées avec une diminution du nombre de traitements acaricides sont la vermifugation des bovins de moins de 18 mois, l'efficacité des barrières internes et la stratégie de traitement mise en place. Pour ce dernier point, si l'éleveur traite dès qu'il voit une tique, le nombre de traitements ne diminue pas mais s'il a une tolérance d'infestation avant de traiter, l'éleveur réalise 4,4 fois moins de traitements qu'avant la mise en place de la lutte agropastorale.

**Tableau 3: Mesures agropastorales possibles à mettre en place (Berger, 2019)**

<b>Lutte agropastorale</b>	
<b>Paramètre</b>	<b>Rôle dans l'infestation par les tiques</b>
Nombre de parcelles par troupeau	Un minimum de 4 parcelles est nécessaire pour pouvoir effectuer des rotations efficaces
Parcelles dédiées au troupeau	Risque d'introduction d'un troupeau infesté sur les parcelles d'un troupeau sain et donc contamination de ces parcelles et par conséquent du troupeau sain
Tenue d'un calendrier de rotation de pâtures et prise en compte des parcelles infestées pour les rotations (parcelles évitées si possible/animaux traités au sortir de la parcelle si nécessaire)	Permet de connaître le statut des parcelles : saine/infestée mais non infestante pour les bovins (présence d'œufs) / infestée et infestante (présence de larves) afin d'adopter une conduite d'élevage adaptée (Marc Desquesnes, Vignon, 1987)

Sortie des animaux d'une même parcelle avant 6 semaines	Cela permet d'éviter « l'effet boule de neige » : si les animaux entrent sur la parcelle avec une charge parasitaire modérée, étant donné que chaque tique pond environ 2500 œufs, la charge parasitaire à la fin de ce cycle sera bien plus importante
Déplacement des animaux l'après- midi	Les femelles adultes gorgées se détachent principalement le matin et le déplacement des bovins augmente le taux de détachement (Bianchi, Barré, 2003). Déplacer les animaux l'après-midi permet d'éviter que les tiques se décrochent pendant le déplacement des bovins et donc une infestation des pâtures ou des couloirs sur le trajet
Traversée des parcelles pour aller au <i>stock-yard</i>	Éviter la traversée de parcelles lors du déplacement des bovins permet d'éviter l'infestation : Des parcelles par des tiques femelles gorgées qui se décrochent des bovins, Des bovins par des larves présentes dans les parcelles
Annexe et zones de déplacement (couloirs, ...) favorables aux tiques	Les annexes et zones de déplacement sont des lieux de rassemblement du bétail lorsqu'il doit être manipulé (bouclage des veaux, traitement acaricide, etc.). Si ces zones sont favorables à la ponte des œufs et à l'éclosion des larves : présence d'un couvert végétal (Gau, 2000), absence de prédateurs (poules, (Hassan et al., 1991) ; ce sont des sources d'infestation du bétail
Temps moyen de retour sur parcelle > 3 mois	Temps nécessaire en moyenne pour assainir une parcelle ; supérieur à la survie de 80% des larves. Les 20% de larves restantes ne sont pas suffisamment actives pour représenter un risque d'infestation des bovins (Desquesnes, 1988)
Zones communes à plusieurs troupeaux	Risque d'infestation d'un troupeau sain par contamination de la zone commune par un autre troupeau infesté
Nombre de troupeaux dans l'élevage	Plus il y a de troupeaux, plus la gestion de la rotation des pâtures est délicate et donc plus il y a de risque d'introduire des bovins sur des parcelles infestées et d'avoir des zones communes à plusieurs troupeaux (zones à haut risque d'infestation)

Pourcentage d'animaux résistants à la Tique (tropicalisation du troupeau)	Plus la proportion d'animaux résistants est élevée dans le troupeau, moins la population de tiques pourra se développer (diminution de la probabilité pour les larves de trouver un hôte sensible)
Élimination des animaux les plus régulièrement infestés	Au sein d'une même race, la résistance à la tique des individus est variable (Frisch et al., 2000), il est donc intéressant d'éliminer les individus les plus sensibles car ce sont ceux qui ont la plus grande charge parasitaire et qui donc recontaminent les parcelles
Sélection d'animaux à poils courts	Certaines publications (Ibelli et al., 2012) indiquent que les bovins à poils longs présentent un degré d'infestation plus élevé. De plus, la détection des tiques est plus difficile chez les bovins à poils longs
Traitements rémanents : planifiés selon le calendrier de rotation, rotations « post-rémanence » planifiées selon le calendrier tiques observées avant le traitement	L'utilisation d'acaricides rémanents permet d'assainir les parcelles infestées en effectuant des rotations du troupeau dans ces parcelles. Les larves, en se fixant sur les bovins traités, meurent (si elles sont sensibles) au contact de l'acaricide. Il est donc important d'identifier les parcelles infestées grâce au calendrier de rotation. Si des tiques sont observées lors du traitement, des tiques gorgées sont probablement et récemment tombées dans les parcelles. La durée de rémanence étant inférieure à la durée du cycle libre de la Tique, l'efficacité du traitement sera nulle à faible sur la parcelle où les tiques gorgées sont tombées
Animaux laissés au <i>stock-yard</i> pendant une demi-journée après le traitement acaricide	Le traitement met 8 heures à agir (Davey et al., 1984). Pour éviter que les tiques tombent sur le chemin du retour et contaminent ainsi les parcelles, il est conseillé de laisser les animaux au <i>stock-yard</i> pendant 4 heures après le traitement (pour des raisons pratiques – personnel nécessaire pour déplacer le bétail -, il est difficile pour l'éleveur de les laisser au <i>stock-yard</i> plus longtemps)

### c) Conclusion

Ainsi, la lutte agropastorale donne de bons résultats en Nouvelle-Calédonie mais nécessite la ré-évaluation de la gestion du troupeau. Le calendrier de rotation permet de faire une gestion de la tique et des pâturages. Les autres approches agropastorales sont simples mais demandent de l'organisation et de la rigueur dans leur mise en place. De plus, il est difficile d'identifier les mesures agropastorales clefs qui diminuent le plus efficacement la pression parasitaire de l'élevage comme peut en témoigner l'étude précédente de Berger (2019). Cette dernière étude reste originale dans la description des mesures agropastorales mises en place. Cette méthode se concentre uniquement sur la gestion des troupeaux d'une exploitation et se rajoute à tout autre moyen de lutte contre les tiques.

## 3. Lutte vaccinale

### a) Principe

La vaccination anti-tiques est une lutte immunologique qui permet de réduire le taux d'infestation des animaux par les tiques à un niveau tolérable pour ces animaux. L'objectif principal du vaccin est de diminuer les populations de tiques dans les parcelles en agissant sur la capacité de reproduction des tiques. Comme les populations de larves seront moins importantes dans les pâturages, l'infestation des bovins par les tiques sera réduite elle aussi.

Le vaccin utilisé en Nouvelle-Calédonie dans notre étude est composé de l'antigène Bm86. La protéine Bm86 est une glycoprotéine de 89 kD découverte en 1986. Il s'agit d'une protéine extracellulaire située sur les cellules digestives de la tique. Le vaccin utilise une forme recombinée de cette protéine. Ainsi, un animal vacciné produira des anticorps visant spécifiquement cet antigène. La protéine Bm86 est présente chez les larves, nymphes et adultes mais l'effet du vaccin est proportionnel à la quantité de sang ingéré donc les adultes sont les plus affectés. Lorsque la tique fait son repas de sang sur un animal vacciné, les anticorps ingérés par la tique entraînent des lésions hémorragiques dans le tube digestif et donc une diminution des capacités de gorgement, de reproduction et de ponte du parasite. De ce fait, l'action du vaccin est visible sur le long terme.

Le vaccin entraîne une diminution des populations de tiques d'une génération à l'autre dans les pâturages et donc sur les bovins. Il est toujours possible d'apercevoir des tiques sur des bovins vaccinés mais leur population globale diminue petit à petit sur une parcelle donnée. Sachant qu'en Nouvelle-Calédonie, il y a environ quatre générations de tiques par an, les troupeaux vaccinés doivent rester sur des parcelles qui leur sont dédiées pour observer pleinement l'effet du vaccin. Il faut éviter les échanges de population de tiques et donc éviter que des troupeaux vaccinés croisent des troupeaux non vaccinés.

## b) Commercialisation de vaccins

Les vaccins TickGard ND (Hoechst Animal Health; Australie) et Gavac ND (Heber Biotec S.A.) contiennent la protéine Bm86 et ont été commercialisés respectivement en 1994 et 1993. Le vaccin Gavac ND s'est vendu en Amérique du Sud (Cuba, Colombie, République Dominicaine, Brésil et Mexique) et le TickGard ND en Australie. Le vaccin TickGard Plus ND (Intervet, Australie) a été commercialisé en 1995 et diffère du TickGard ND d'origine uniquement par l'organisme utilisé pour la réplique de la protéine Bm86. La bactérie *Escherichia coli* a été remplacée par la levure *Pichia pastoris* dans le vaccin TickGard Plus ND.

La commercialisation du vaccin TickGard ND a connu de nombreux changements par rapport au vaccin Gavac ND. Le vaccin TickGard ND a été commercialisé en 1994 lors d'une collaboration de l'organisme CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) avec la compagnie BioTech Australia Pty. Ltd., filiale du laboratoire Hoechst Animal Health. Le vaccin TickGard ND a eu un franc succès commercial et les ventes ont atteint leur maximum en 1998 auprès des éleveurs de bovins viande et bovins laitiers en Australie. A ce moment-là, il était le produit de lutte contre les tiques le plus vendu en Australie. La restructuration de la compagnie Hoechst entraîna un arrêt de la vente du vaccin TickGard ND pendant 7 ans. La compagnie Hoechst s'est divisée en 2 compagnies distinctes, la compagnie Hoechst AG et la compagnie Hoechst Animal Health. Cette dernière a été vendue à Intervet International (Boxmeer, Pays-Bas). La compagnie Biotech Australia Pty. Ltd., appartenant à Hoechst Animal Health s'était dirigée vers une pharmacie humaine et donc cessa d'exister lors de la restructuration des compagnies. La licence du vaccin TickGard ND fut donnée à la compagnie Intervet International (Boxmeer, Pays-Bas). La compagnie Intervet Australia Pty. Ltd. (Bendigo, Australie) remit le vaccin TickGard ND sur le marché à un prix plus élevé et des recommandations différentes plus adaptées à l'élevage bovin laitier, c'est-à-dire une vaccination tous les 10 à 12 semaines en période chaude (Notice TickGard Plus ND en Annexe 4), ce qui n'est pas facilement réalisable pour des éleveurs bovin viande. Les ventes n'ont pas été aussi importantes qu'auparavant. Pendant quelques temps, les stocks résiduels ont été distribués à des éleveurs bovins laitiers. Ensuite, Intervet arrêta sa commercialisation. (Fuente et al., 2007 ; Willadsen, 2008). Le marché australien n'est pas assez grand pour une commercialisation durable. De l'autre côté, le vaccin Gavac ND détient la plus grande partie du marché sud-américain et est toujours commercialisé.

### c) Résultats sur les bovins

La capacité de contrôle des populations de tiques avec les vaccins Gavac ND et TickGard ND a été évaluée lors de différentes études.

Une étude de la Fuente et al., (1999) s'intéresse à l'impact du vaccin Gavac ND sur le nombre et la reproduction de différentes souches de tiques *R. microplus*. Les résultats montrent une réduction du nombre de tiques gorgées allant de 9 à 74%, une réduction du poids des pontes de 8 à 61% et une réduction de l'éclosion des œufs produits de 8,5 à 30%. Ces variations peuvent être attribuées aux souches de tiques utilisées, aux conditions expérimentales ou aux stades physiologiques des bovins.

Le vaccin TickGard ND donne de bons résultats aussi. Des vaches Holstein frisonnes en lactation ont été pesées chaque jour pendant 27 semaines. Un lot de 10 vaches a subi une vaccination avec le TickGard Plus ND avec 2 injections à 4 semaines d'intervalle et un rappel à 3 mois qui les a protégées contre les tiques. Le gain de poids cumulé au cours des 27 semaines du lot des vaches vaccinées a été de 18,6kg supérieur au groupe témoin composé aussi de 10 Holstein frisonnes en lactation. Avec la vaccination, une réduction de 52% du nombre de tiques gorgées et de 72% des performances reproductives des tiques a été observée entre les deux lots de vaches (Jonsson et al., 2000). De même, une autre étude sur le TickGard ND (Tellam et al., 1992) montre l'efficacité du vaccin. Des tiques gorgées ont été prélevées sur des bovins vaccinés et il a été observé une réduction de 30% de leur poids, de 60 à 80% du poids des larves émises ainsi qu'une réduction de leur viabilité. Des hauts titres en anticorps étaient significativement corrélés à une réduction du poids des œufs produits par les tiques gorgées sur des bovins vaccinés (Willadsen et al., 1995)

#### (1) *Mesure de l'efficacité vaccinale par une formule*

Avec les données précédentes, on peut calculer l'efficacité vaccinale dont la formule est présentée dans l'encadré ci-dessous. Dans certains cas, l'efficacité vaccinale peut être réduite uniquement au pourcentage de réduction du nombre de tiques adultes femelles, au pourcentage de réduction du nombre de traitements acaricide.

$$\text{Efficacité vaccinale (\%)} = 100 \times [1 - \text{CRT} \times \text{CRO} \times \text{CRF}]$$

CRT : réduction\* du nombre de tiques adultes femelles (%); CRO : réduction\* du poids de la ponte des tiques femelles (%); CRF : réduction\* de la fertilité des tiques (déterminée par le pourcentage d'œufs viables)

**Figure 15 : Efficacité vaccinale**

\*Les réductions sont exprimées en comparant avec les données d'un groupe témoin non vacciné ou en comparant les données avant et après la vaccination des bovins

Ainsi, l'efficacité du vaccin Gavac ND varie de 55 à 100% en condition réelle de pâturage en Amérique du Sud sur des croisés *Bos taurus* et *Bos indicus*, des Holstein pures et des *Bos indicus* (Tableau 4).

**Tableau 4: Effet de la vaccination avec le vaccin Gavac ND en Amérique du Sud en condition réelle de pâturage (de la Fuente et al., 1999).**

Les 7 groupes de bovins présentés dans ce tableau ont été vaccinés avec le vaccin Gavac ND en condition réelle de pâturage. Un groupe témoin non vacciné a évolué dans les mêmes conditions mais sans contact entre troupeaux. Leurs tiques ont été comptées et récoltées. Le temps maximum après la vaccination pendant lequel la population de tiques a été maintenue basse a été répertorié dans le tableau (3<sup>ème</sup> colonne). Après ce temps, les animaux ont subi une forte infestation. L'efficacité vaccinale a été déterminée en comptant le nombre de tiques gorgées et en le comparant au groupe témoin non vacciné (4<sup>ème</sup> colonne).

Lieu de l'essai	Race bovine (*)	Temps maximal de contrôle des tiques	
		Temps (en semaines)	Efficacité vaccinale (%)
Limonar (Matanzas, Cuba)	Holstein	28 – 31	81
Fazenda Resgate (Sao Paulo, Brésil)	Croisées (laitières)	36	79
	Croisées (race bouchère)	24	96
	<i>Bos indicus</i>	24	97
Corrientes (Argentine)	Croisées (race bouchère)	20	55
Peregrino (Tamaulipas, Mexique)	Croisées (race bouchère)	12	100
Kikapu (Chiapas, Mexique)	Croisées	7	97

(\*) Les races croisées sont des croisements entre *Bos taurus* (race sensible à la tique) et *Bos indicus* (race résistante à la tique)

#### (2) *Mesure de l'efficacité vaccinale par la diminution du nombre de traitements acaricides*

L'efficacité vaccinale peut aussi être appréciée par l'évolution du nombre de traitements acaricides. En effet, l'utilisation du vaccin permet de réduire les populations de tiques *R. microplus* et donc la fréquence d'utilisation des acaricides. Par exemple, après 8 ans de vaccination avec le Gavac ND (1995-2003), une réduction de 87% des acaricides a été observée chez des Holstein Frisonnes à Cuba (Rodriguez Valle et al., 2004). De même, après 2 ans de vaccination avec le Gavac, les traitements antiparasitaires sur des croisés au Mexique ont été réduits de 67% (Fuente et al., 2007). Enfin, le vaccin TickGard ND a été testé sur plus de 18 000 bovins en Australie avant 1994 et a montré une réduction par 2,5 du nombre de traitements acaricides sur la saison des tiques (du printemps à l'automne).

### (3) *Effets secondaires du vaccin*

Les effets secondaires rapportés sont mineurs. Pour le vaccin TickGard, aucun effet secondaire n'a été observé avec une vaccination à 20 fois la dose. Moins d'1% des animaux présentent des réactions inflammatoires au site d'injection. Mais ces réactions n'impactent pas la croissance de l'animal et sont dues à l'utilisation d'un adjuvant huileux. Toutefois, plus l'épaississement de la peau est important au niveau de la zone d'injection du vaccin, plus les titres en anticorps sont élevés (Willadsen et al., 1995).

#### d) *Utilisation de la vaccination en Nouvelle-Calédonie*

##### (1) *Premier essai*

Les premiers essais de confection d'un vaccin en Nouvelle Calédonie datent de 1987 par Desquesmes et Vignon avec un vaccin expérimental à petite échelle à base de broyat de tractus digestifs de tiques *R. microplus* semi-gorgées. L'antigène spécifique provoquant la réaction vaccinale n'avait pas encore été identifié.

Les bovins ont été immunisés avec deux injections à 3 semaines d'intervalle et ont été infestés chaque semaine avec 40 000 ou 60 000 larves de *R. microplus* (âgées de 33 jours). Les résultats montraient une diminution de 25% à 61% du nombre de femelles gorgées, 19% à 50% du poids des femelles gorgées et de la fonction de reproduction avec une diminution du poids des œufs pondus et de leur viabilité par rapport à celles parasitant des bovins non vaccinés. Toutefois, la synthèse du vaccin à base de broyat de tiques était compliquée pour une production à l'échelle du territoire calédonien et l'utilisation du vaccin n'a pas été poursuivie (Desquesnes, Vignon, 1987).

##### (2) *Deuxième essai*

Le vaccin TickGard Plus ND, confectionné en Australie et commercialisé en 1995, a été testé entre mars 1999 et janvier 2000 en Nouvelle Calédonie (Barre et al., 2000).

Onze élevages ont participé à l'expérience et ont été répartis en groupes témoins (6 élevages) et groupes vaccinés (5 élevages). Les animaux vaccinés ont reçu deux injections de primo-vaccination à un mois d'intervalle suivies de rappels tous les 3 mois. Des comptages de tiques ont été réalisés sur 15 à 30 animaux avant les traitements à l'amitrazé et le nombre de traitements a été répertorié. Les éleveurs se sont lassés du protocole de vaccination obligeant un rappel tous les 3 mois et les groupes témoins ont trouvé que les contraintes de l'expérience étaient trop importantes. L'expérience a été arrêtée au bout de 12 mois et les résultats n'ont pas été suffisants pour obtenir une conclusion fiable. Les comptages étaient significativement

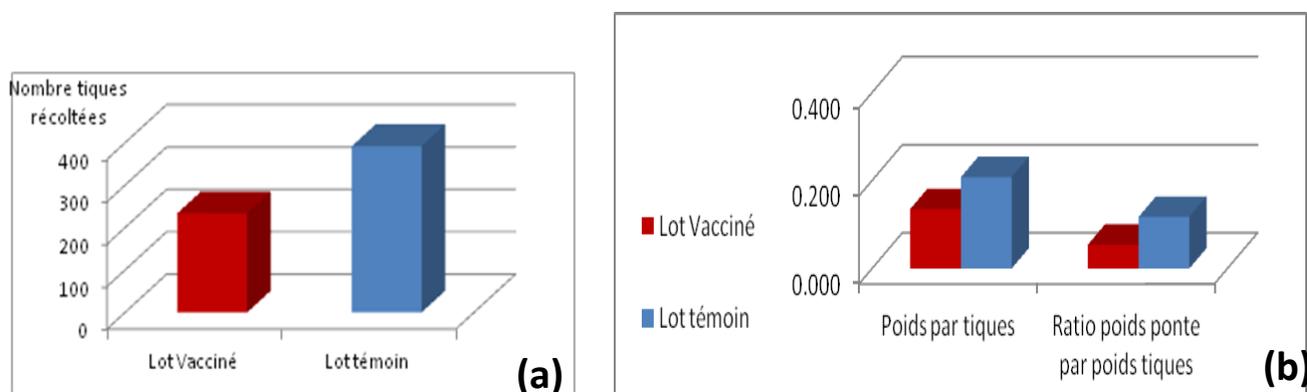
différents entre les groupes vaccinés et témoins après les rappels au premier, quatrième et septième mois. Après cela, aucune différence significative entre les groupes vaccinés et témoins pour les comptages de tiques n'était perceptible. Le nombre de traitements acaricides n'a pas changé entre les lots vaccinés et témoins, ni entre l'année 1998 et 1999 des lots vaccinés. A cette époque la lutte acaricide était encore très efficace. L'utilisation du vaccin n'a pas été poursuivie.

### (3) *Troisième essai*

En 2010, le développement des résistances à l'amitraze a obligé les éleveurs à se tourner vers d'autres moyens de lutte. Le vaccin Gavac ND n'était pas commercialisable en Nouvelle-Calédonie du fait de problèmes de biosécurité et le vaccin TickGard ND n'était plus produit en Australie. De plus, la « tique du bétail » n'est pas *R. microplus* mais appartient à l'espèce *R. australis* (Estrada-Peña et al., 2012). (Partie I.B.1). Or, l'essai de García-García et al. (1999) indique que l'efficacité de la vaccination est inversement corrélée aux séquences de variation dans le locus de Bm86 ( $R^2=0,7$ ). L'utilisation de la souche Bm86 originaire de Nouvelle-Calédonie est donc intéressante pour obtenir le vaccin le plus efficace pour les populations de tiques calédoniennes. La production d'un vaccin à base de souches locales a donc été jugée nécessaire. Le vaccin calédonien a été produit selon le même procédé que le vaccin commercial TickGard ND (Hüe et al., 2017).

Cinq tiques ont été récoltées arbitrairement sur cinq élevages calédoniens et les protéines Bm86 de chaque tique ont été extraites selon la méthode décrite dans Hüe et al. (2017). Les séquences d'acides aminés des protéines Bm86 extraites ont été comparées à la protéine Bm86 de référence (M29321) et ont présenté une similarité d'au moins 97,6% avec celle-ci. Parmi les cinq séquences d'acides aminés, la souche MG002403 possédait le moins de variations de code avec les autres souches calédoniennes. Elle était la plus représentative des cinq souches étudiées. Elle a été reproduite en grande quantité par la bactérie *E.Coli* selon la méthode décrite par Hüe et al. (2017). Le choix des adjuvants se fit selon l'étude de Petermann (2017). Ainsi, des vaccins à base de Bm86 originaire de Nouvelle-Calédonie ont été confectionnés chacun avec un adjuvant différent, un aqueux et deux huileux. L'adjuvant huileux 61 VG a permis la production de la plus grande quantité d'anticorps vaccinaux et fut choisi pour confectionner le vaccin local. Toutefois, des effets indésirables tels qu'un épaissement de la peau étaient signalés avec les adjuvants huileux. Un essai en stabulation a été réalisé d'avril à juillet 2015.

Quatorze charolaises de 1 an ont été séparées en deux lots, vacciné ou témoin. Les animaux ont reçu deux injections à un mois d'intervalle (Jours J0 et J28), le lot vacciné avec le vaccin constitué et le lot témoin avec l'adjuvant seul. Puis, les animaux ont subi des infestations artificielles de 1000 larves (âgées de 15 jours) aux jours J39, J41, J43, J53, J55 et J57. Les tiques adultes gorgées ont été récoltées. Les résultats montrent une efficacité vaccinale de 74,2% dont une réduction significative de 40,3% des tiques adultes femelles et de 51,2% de la production d'œufs de tiques sur la Figure 16(Hüe et al., 2017). Des tiques gorgées sur les animaux vaccinés présentaient des lésions hémorragiques (Figure 17), c'est-à-dire qu'une coloration rougeâtre était présente sur des tiques gorgées sur des animaux vaccinés. Ce vaccin a été utilisé dans notre plan de lutte intégrée.



**Figure 16: Résultats de l'essai expérimental du vaccin à base de Bm86 originaire de Nouvelle-Calédonie (Hüe et al., 2017)** (a) Nombre de tiques récoltées entre les lots vaccinés et témoins ; (b) Poids des tiques et des pontes entre les lots vaccinés et témoins

**Tableau 5 : Résultats chiffrés de l'essai expérimental du vaccin à base de Bm86 originaire de Nouvelle-Calédonie (Hüe et al., 2017)**

	Lot vaccinés moyenne +/-écart-type, (valeur minimum ; valeur maximum)	Lot témoin moyenne +/-écart-type, (valeur minimum ; valeur maximum)	P-value
<b>Poids des tiques (mg)</b>	134,97 +/-9,02 (115,75 ; 141,9)	207,78 +/-17,36 (180,23 ; 222,07)	<0,0001
<b>Poids des œufs par tique (mg)</b>	54,05 +/-15,13 (45,18 ;74,67)	117,28+/-13,85 (88,05 ;126,87)	<0,0001
<b>Pourcentage d'éclosion des œufs (%)</b>	0,70+/-0,2 (0,39 ;0,82)	0,79+/-0,07 (0,69 ;0,87)	



**Figure 17: Comparaison d'aspect entre une tique gorgée sur un animal non vacciné (à gauche) et une tique gorgée sur un animal vacciné présentant des lésions hémorragiques (©IAC)**

#### e) Conclusion

Ainsi, la vaccination est un moyen de lutte qui permet de réduire la pression parasitaire en impactant le cycle de reproduction des tiques. Celles-ci se reproduisent moins bien et leur nombre diminue dans les pâturages et donc sur les bovins. Un vaccin contre les tiques calédoniennes a été confectionné et peut être intégré à d'autres moyens de lutte pour contrôler l'infestation des pâturages. Ces essais en stabulation sont prometteurs. L'effet de la vaccination est d'autant plus efficace que les populations de bovins sont isolées des autres troupeaux. Ainsi, les populations de tiques vont s'affaiblir au fur et à mesure des générations, d'autant plus si aucune « nouvelle tique » n'est importée de l'extérieur sur les pâturages des bovins vaccinés. La vaccination et les traitements acaricides sont complémentaires. La vaccination permet de traiter moins souvent mais lors de grosses infestations, le traitement acaricide doit être utilisé. Cependant, il existe d'autres moyens de lutte contre les tiques qui font appel à la génétique des bovins.

#### 4. Lutte génétique

##### a) Principe

La lutte génétique consiste à utiliser des animaux naturellement résistants à la tique. De plus, la résistance contre les tiques *R. microplus* est polygénique et est transmissible à la descendance avec une héritabilité d'environ 0,30 (Shyma et al., 2015). Les troupeaux de races résistantes à la tique peuvent être conduits en race pure mais aussi en croisement avec des races plus sensibles à la tique. Ainsi, les croisements des races européennes (sensibles à la tique) avec des races résistantes permettent d'avoir des individus aux qualités intéressantes en terme de reproduction et de production de viande, mais aussi résistants à la tique (Hue, 2014). Les croisements tropicaux sont majoritairement utilisés en Nouvelle-Calédonie. En 2019, les bovins croisés représentaient 40% du cheptel calédonien (GDSA, 2019). Il est donc important

de garder des troupeaux de races européennes de souche pure pour pouvoir réaliser ces croisements.

#### b) Les différentes races et leurs niveau de résistance à la tique

Un protocole (Utech 1978) permet d'évaluer le niveau de résistance génétique. Un gramme d'œufs (20 000 larves dont le sexe ratio est estimé à 1:1) est inoculé sur le dos des animaux dans un milieu indemne de tique. Après 18 à 22 jours, le nombre de tiques gorgées est compté. La présence d'un nombre limité de tiques gorgées, par exemple 100 tiques gorgées, représente une résistance de 99%. La présence de 1000 tiques gorgées correspond à une résistance de 90%.

Les pourcentages obtenus établissent un niveau de résistance génétique :

- Plus de 98% : résistance très élevée
- Entre 95 et 98% : résistance modérée
- Entre 90 et 95% : résistance faible
- Inférieur à 90% : résistance très faible

Ainsi, il existe des races bovines plus résistantes que d'autres à la tique. En effet, dans le genre « *Bos* », il existe 2 espèces interfécondes, l'espèce taurine « *Bos taurus* » et l'espèce zébu « *Bos indicus* ». L'espèce « *Bos indicus* » a co-évolué avec la tique du bétail et a acquis une résistance à celle-ci au fil des générations. Les animaux « résistants » à la tique développent une réaction immunitaire rapide au contact de la tique. Au contraire, l'espèce *Bos taurus* n'a pas évolué avec la tique du bétail et n'a donc pas acquis la même résistance à la tique. Elle est qualifiée de « sensible » à la tique (Hue, 2014). Ainsi, les races bovines charolaises et limousines ont un niveau de résistance n'excédant pas 60% alors que la race Brahman présente 99% de résistance en moyenne (Utech et al., 1978).

Pour permettre une lutte génétique, différentes races plus ou moins résistantes à la tique ont été importées en Nouvelle-Calédonie. Le Tableau 6 ci-dessous présente ces races.

**Tableau 6: Présentation des races génétiquement résistantes et leur introduction en Nouvelle-Calédonie  
(Hue, 2014)**

Race	Création et croisement	Résistances (moyenne et variabilité)	Introduction en Nouvelle Calédonie
<p><b>Brahman (<i>Bos indicus</i>)</b></p>  <p>(©UCS)</p>	<p>Créée aux Etats Unis entre la fin du XIXème et le début du XXème siècle. Issue d'un croisement de 4 races de zébus Guzerat , Nellore, Gir et Indu-Brazil.</p>	<p>99% (95,6 à 99,9%) (Utech et al., 1978)</p>	<p>1985</p>
<p><b>Santa Gertrudis (<i>Bos taurus x Bos indicus</i>)</b></p>  <p>(©UCS)</p>	<p>Créée au Texas entre 1910 et 1925. Croisement 3/8 Brahman, 5/8 Shorthorn</p>	<p>96,6% (81,7 à 99,9 %) (Utech et al., 1978)</p>	<p>1957</p>
<p><b>Sénépol (<i>Bos taurus</i> adapté au climat)</b></p>  <p>(©UCS)</p>	<p>Créée dans les Caraïbes à la fin XIXème siècle</p> <p>Croisement de 1% N'Dama, 10% zébu, 89% Criollo/RedPoll</p>	<p>Des animaux issus de croisement Limousin-Sénépol présentent 5 fois moins de tiques que des animaux de races Limousine (Hue, 2014).</p>	<p>2007</p>

<p><b>Droughtmaster (<i>Bos Taurus x Bos indicus</i>)</b></p>  <p>(©UCS)</p>	<p>Créée en Australie au début des années 60.</p> <p>Croisement de 5/8 (50 à 62%) Brahman et 3/8 (38 à 50%) Shorthorn/Hereford</p>	<p>97,4% (83,1 à 99,9%) (Utech et al., 1978)</p>	<p>2010</p>
<p><b>Belmont Red (<i>Bos taurus x Bos indicus</i>)</b></p>  <p>(©UCS)</p>	<p>Créée en Australie à la fin des années 1960</p> <p>Croisement de 25 à 50% de Sanga, 50% de races tempérées, 0 à 25% de Bos indicus</p>	<p>Frisch, O'Neill (1998) : 97%</p> <p>Utech et al., (1978): 97,7% (92 à 99,8%)</p>	<p>2013</p>

### c) Variabilité intra race et sélection de la résistance contre les tiques

Le caractère de résistance aux tiques est héritable mais l'intensité de la résistance aux tiques peut varier au sein d'une même race. Il est nécessaire de réaliser une sélection intra-race pour garder ou développer le caractère de résistance aux tiques. Ainsi, la réforme des animaux les plus infestés permettrait de sélectionner des animaux plus résistants (Thullner, Barré, 1996).

Une sélection chez les races européennes est possible mais longue à mettre en place. Utech montre chez la race Hereford, la présence d'individus ayant une résistance modérée. Le pourcentage de résistance s'étend de 67 à 97% (Utech et al., 1978). Toutefois, Frisch (2000) rapporte qu'une lignée de Belmont Adaptaur (50% Hereford 50% Shorthorn) a développé une résistance accrue aux tiques avec des comptages au pic d'infestation passant de 275 à 40 tiques par animal par jour en 15 ans de sélection.

#### d) Utilisation de croisements *Bos indicus* et *Bos taurus*

Les races génétiquement résistantes présentées précédemment sont intéressantes pour leur caractère de résistance à la tique mais ne sont pas généralement conduites en troupeau pur. Ce qui intéresse majoritairement les éleveurs calédoniens sont les animaux issus de croisements avec des races *Bos taurus* pour augmenter les qualités bouchères et de reproduction des produits.

Les croisements entre les races génétiquement résistantes et les races sensibles permettent d'obtenir en première génération (50% *Bos indicus*) des individus 2 à 5 fois plus résistants que les races sensibles pures. Si l'on continue avec des croisements de races pures *Bos taurus*, les 2<sup>ème</sup> (25% *Bos indicus*) et 3<sup>ème</sup> (12,5% *Bos indicus*) générations auront perdu leur caractère de « résistance aux tiques » (Hue, 2014). Les individus sont considérés comme « résistants à la tique » lorsque l'animal a au moins 3/8 de sang Brahman (100% *Bos indicus*). Néanmoins, 10 à 20 % des génisses issues de croisements de race Brahman avec des races Limousine ou Charolaise (50% *Bos indicus*) ne présentent qu'une faible résistance et nécessitent d'être réformées (Hüe, 2019). De plus, si l'on dépasse  $\frac{3}{4}$  de sang Brahman, le caractère de fertilité se dégrade et se rapproche de celui du Brahman.

#### e) Utilisation des races génétiquement résistantes dans la lutte agropastorale

La lutte zootechnique est l'association d'une lutte génétique et d'une lutte agropastorale qui permet de conduire des troupeaux de statuts différents de résistance à la tique pour réduire la pression parasitaire sur les animaux les plus sensibles aux tiques. Ainsi, le passage d'individus génétiquement résistants dans des parcelles infestées de larves va réduire le nombre de larves infestantes dans la parcelle. Les larves se fixent sur tout animal qui passent près d'elles mais elles ne pourront pas toutes effectuer de cycle complet sur les animaux résistants. Ainsi, les troupeaux les plus sensibles aux tiques qui repassent sur ces parcelles auront une pression parasitaire plus basse. Barré et Delathière (2010) proposent des modèles de rotations de parcelles théoriques avec des troupeaux purs de Brahman qui passent dans les parcelles avant les troupeaux purs de Charolais. D'autres modèles ont été explorés avec des troupeaux mixtes Zébus et Charolais. La modélisation montre que la charge parasitaire totale diminue avec un ratio élevé d'animaux résistants à la tique.

## f) Application en Nouvelle-Calédonie : l'évolution dans l'utilisation des races bovines

Les premières races bovines élevées en Nouvelle-Calédonie étaient toutes européennes. Les races anglo-saxonnes ont été largement métissées entre elles après l'introduction des premiers individus. L'introduction du premier bovin de race Limousine date de 1905 et celle du premier bovin de race Charolaise de 1967 (Dubois, 1984). Ces deux dernières races sont restées très appréciées.

Ensuite, les races génétiquement résistantes ont été importées en Nouvelle Calédonie assez tôt après l'introduction de la tique. Les premiers bovins Santa Gertrudis sont arrivés en 1957 et les premiers Brahman en 1985. Mais tant que la lutte acaricide seule était efficace, l'emploi des races génétiquement résistantes aux tiques n'a pas été une option choisie par les éleveurs calédoniens pour lutter contre la tique du bétail. En effet, les valeurs de production et de reproduction des races Limousine et Charolaise sont bien supérieures à celles des races résistantes. Le rapport de mission de Thullner et Barré (1996) indique que le cheptel calédonien ne contient que 2% de croisés Brahman. A partir de 2003, les tiques deviennent résistantes à l'amitrazé. La lutte génétique devient une option plus durable et les races européennes sont trop difficiles à gérer avec le problème de la tique. De plus en plus d'éleveurs se tournent vers des races résistantes. Dans cet esprit, en 2007, une aide à l'achat de reproducteurs de races résistantes est proposée. Ainsi, les premiers Sénépol (2007), Droughtmaster (2010) et Belmont Red (2013) sont introduits pour pallier au problème des tiques (Hüe, 2019). Les races résistantes permettent de moins utiliser voire de ne plus du tout utiliser les traitements acaricides. Ainsi, en 2018, 12% des élevages soit 4 923 bovins, n'ont pas eu recours au traitement acaricide par l'amitrazé et la race Brahman était la race la plus représentée dans ces élevages (GDSA, 2019).

Toutefois, la tropicalisation des cheptels n'est pas complète, c'est-à-dire qu'il y a encore des races non génétiquement résistantes élevées dans les troupeaux de bovins. En effet, les races françaises Limousines et Charolaises sont encore conduites en troupeaux purs et permettent de faire des croisements avec des races résistantes. Elles font partie du patrimoine historique de la Nouvelle-Calédonie et leurs qualités bouchères et de reproduction sont de gros atouts lors d'élevage extensif. En 2019, 35% du cheptel calédonien était constitué de *Bos taurus* pur (dont le Limousin et le Charolais) contre 25% de *Bos indicus* et d'autres races génétiquement résistantes présentées précédemment. Le reste des bovins est issu de croisements tropicaux (GDSA, 2019). Néanmoins le maintien de ces races européennes est

difficile en termes de gestion de la tique. Toutefois, depuis leur introduction, les élevages charolais et limousins ont évolué et se sont adaptés aux conditions tropicales.

#### g) Conclusion

Les races génétiquement résistantes sont un moyen de lutte efficace contre les tiques. Toutefois, les qualités bouchères et de reproduction sont réduites par rapport aux races européennes. Ainsi en Nouvelle- Calédonie, les races européennes Limousine et Charolaise restent présentes. Les races génétiquement résistantes sont alors utilisées avec ces troupeaux sensibles par des croisements qui permettent d'obtenir des animaux aux qualités bouchères, de reproduction et de résistance à la tique intéressantes. De plus, une lutte zootechnique est possible pour abaisser la pression parasitaire des troupeaux européens purs.

Enfin, la sélection du caractère de résistance chez les races européennes pures permettrait d'obtenir des animaux plus résistants contre les tiques et de se passer des races génétiquement résistantes.

## D. Conclusion de la partie bibliographique

Dans notre étude, nous nous intéressons au maintien des troupeaux de races européennes charolais, limousin et blonde d'aquitaine en Nouvelle-Calédonie malgré la pression parasitaire exercée par la tique du bétail. Ces races ont une importance historique en Nouvelle-Calédonie mais ont aussi des qualités bouchères et de reproductions performantes. Il est donc important de garder des troupeaux de ces races européennes pures.

Du fait du développement des résistances des tiques aux traitements acaricides, la gestion de la tique est un réel enjeu. En Nouvelle-Calédonie, l'élevage de races pures *Bos taurus* a régulièrement de grands problèmes d'infestations massives de tiques. L'utilisation de la seule lutte chimique est illusoire pour une gestion durable des troupeaux et il convient de réaliser une lutte intégrée.

Les différents moyens de lutte contre les tiques utilisés en Nouvelle-Calédonie ont été explorés précédemment. Ainsi, la lutte agro-pastorale permet d'assainir les parcelles en larves de tiques. De plus, un calendrier de rotations peut être utilisé pour réaliser un compromis entre la lutte contre la tique et l'accès aux ressources fourragères les plus nutritives. De même, la vaccination a pour but d'abaisser la pression parasitaire dans les pâturages et donc sur les animaux. Enfin, la lutte génétique utilise les races pures européennes pour des croisements avec les races résistantes afin d'obtenir des individus aux qualités bouchères, de reproduction et de résistance à la tique. La sélection génétique permettrait aussi d'augmenter la résistance à la tique dans les races européennes pures.

La première partie nous a présenté les différents moyens de lutte séparément. La seconde partie va évaluer un plan de lutte intégrée comprenant l'usage d'un vaccin à base de Bm86 de souche locale, d'une lutte agro-pastorale et de l'usage d'acaricide de façon raisonnée. Cette lutte intégrée a été mise en place dans neuf élevages calédoniens possédant des troupeaux de races pures Limousine, Charolaise ou Blonde d'Aquitaine. Ces élevages ont été suivis pendant trois ans, de juillet 2017 à juillet 2020. Le but était d'évaluer si l'efficacité du plan de lutte mis en place pour maintenir une population de tique à un niveau d'infestation acceptable dans le contexte de l'élevage extensif calédonien sur des races européennes sensibles à la tique.

## II. Partie expérimentale

Dans le cadre de la recherche d'un plan de lutte contre les tiques efficace et durable pour des races bovines européennes sensibles aux tiques, un plan de lutte intégrée comprenant les moyens de lutte chimique, agropastorale et vaccinale a été appliqué dans neuf élevages calédoniens. Dans le cadre de l'essai, les données des mêmes élevages ont été suivies pendant 3 ans sur deux périodes :

- ❖ Un an et demi avec l'application de la lutte chimique, la mise en place ou l'approfondissement de la lutte agropastorale
- ❖ Un an et demi avec l'application des luttes chimique, agropastorale et vaccinale

Une comparaison avant et après la mise en place du plan de lutte complet a été effectuée pour mesurer son efficacité pour la lutte contre les tiques. L'essai s'est déroulé de juillet 2017 à juin 2020. Cet essai a pour but d'évaluer si le plan de lutte mis en place est efficace et réalisable pour maintenir l'élevage de ces races européennes en troupeau pur.

Trois élevages supplémentaires avec un protocole allégé de lutte contre les tiques ont été sélectionnés à posteriori pour comparer l'évolution de la charge parasitaire avec les neuf élevages participant à l'essai.

Pour dépister une éventuelle réduction des populations de tiques indépendamment du plan de lutte intégrée, d'autres paramètres ont été suivis sur la même période de temps. Il s'agit de la pluviométrie dans les élevages de l'essai et les volumes de vente de Tactic ND, acaricide très souvent utilisé dans les élevages calédoniens.

Dans cet essai, on ne peut pas séparer les effets des luttes chimique, agropastorale et vaccinale de façon individuelle. Le plan de lutte intégrée est évalué dans son ensemble.

### A. Matériels

#### 1. Les élevages participant à l'essai

Neuf élevages bovins ont participé à cet essai ce qui représente environ 1400 bovins. Dans chaque élevage, un ou plusieurs troupeaux de races européennes sensibles pures ont suivi le plan de lutte. Les races européennes pures sont les races Charolaise, Limousine ou Blonde d'aquitaine.

Les neuf élevages ont été sélectionnés selon plusieurs critères. Sur 60 élevages présentant des troupeaux de races européennes « sensibles » aux tiques en 2017 en Nouvelle-Calédonie, les élevages retenus correspondent aux critères suivants :

- ❖ La volonté de participation au projet
- ❖ Une taille de cheptel supérieure à 25 vaches mères et génisses de renouvellement
- ❖ La présence d'un ou plusieurs troupeaux de vaches mères de races européennes « sensibles » aux tiques n'ayant pas pour projet d'être tropicalisés dans les années à venir
- ❖ S'il y a d'autres troupeaux sur l'élevage suivi, le/les troupeau(x) suivis pour l'essai sont menées séparément sur des parcelles dédiées. S'il y a des races bovines non européennes, elles sont conduites dans des troupeaux séparés. Toutefois, si elles se trouvent dans le même troupeau que les bovins de races européennes participant à l'essai par contrainte logistique, elles suivent alors le même plan de lutte que ceux-ci. Les élevages 1 et 5 sont dans ce cas et élèvent des Charbrais, Brahman ou Belmont Red dans le/les troupeaux suivis.
- ❖ La présence d'une barrière à cerf intégrale ou peu de cerfs constatés sur la propriété

Les caractéristiques des élevages suivis sont regroupées dans le Tableau 7.

**Tableau 7: Données relatives aux élevages participant à l'essai**

Elevage	Nombre de têtes (race) total suivies au début de l'essai (2 <sup>ème</sup> semestre 2017) (races)*	Nombre de troupeaux suivis	Surface pour les bovins suivis	Nombre de parcelles (dédiées aux bovins de l'essai)	Type d'installations acaricides	Statut actuel de résistance à l'amitraz (Date du test, DL99**)
1	214 dont 91 vaches mères et génisses (Charolais, Charbrais, Brahman)	4 à 9	333ha	62	couloir	Résistant (03/2020, DL99=0.49)
2	57 dont 34 vaches mères (Charolais, Blonde d'aquitaine)	5	70 ha	14	couloir	Résistant (11/2017, DL99=0.23)
3	120 dont 78 vaches mères et génisses (Limousin)	1 à 3	255 ha	14	piscine	Résistant (03/2019, DL99 = 0.85)
4	72 dont 59 vaches mères (Charolais)	1	63 ha	5	couloir	Résistant (05/2019, DL99=0.44)
5	131 dont 74 vaches mères et génisses (Limousin, Belmont Red)	2 à 7	150 ha	36	couloir	Résistant (03/2020, DL99=0.22)
6	83 dont 45 vaches mères et génisses (Limousin)	1	54 ha	7	pompe	Résistant (12/2018, DL99=0.68)
7	42 dont 25 vaches mères et génisses (Limousin)	1	38 ha	6	pompe	Résistant (07/2018, DL99=0.55)
8	380 dont 270 vaches mères et génisses (Limousin)	1	536 ha	6	couloir	Sensible (08/2017, DL99=0.04)
9	111 dont 69 vaches mères et génisses (Limousin)	1	172 ha (+20 ha partagé avec un autre troupeau de l'exploitation)	4 (+1 partagée avec un autre troupeau de l'exploitation)	couloir	Tolérant (12/2018, DL99=0.11)

\*Les races indiquées sont celles présentes dans les troupeaux suivis de l'essai

\*\*La DL99 est la concentration d'amitraz nécessaire pour tuer 99% des larves testées lors du test de résistance

Les neuf élevages sont répartis sur la côte Ouest de la Grande Terre, dont 2 en Province Nord et 7 en Province Sud. En ce qui concerne la taille des élevages de l'essai, par rapport aux catégories de taille d'élevages précisées dans la partie I.A.2.b)(1), 1 élevage est de taille moyenne (20 -49 têtes), 3 élevages sont de taille intermédiaire (50 à 99 têtes) et 5 élevages sont de grande taille (100-499 têtes).



**Figure 18: Carte de la répartition des élevages suivis au cours de l'essai**

Les élevages sont numérotés de 1 à 9.

Un dixième élevage a été vacciné pendant la même période de l'essai. Toutefois, cet élevage est laitier et n'a pas pu réaliser le même protocole que les élevages de l'essai. Il n'a donc pas été intégré aux résultats de l'essai.

Les données sur le nombre de bovins de l'exploitation, le chargement et la localisation ont été comparées entre les 9 élevages de l'essai et les 60 élevages élevant des races bovines européennes recensées en 2017. D'après le Tableau 8, les 9 élevages choisis pour l'essai sont représentatif des élevages de races bovine européennes.

**Tableau 8 : Comparaisons du nombre de bovins, du chargement et de la localisation des 60 élevages de races bovines européennes recensées en 2017 et les 9 élevages de l'essai**

a) Comparaison du nombre de bovins

Nombre de bovins	1 à 19	20 à 49	50 à 99	100 à 499	>500
60 élevages de race européenne	6,7%	15%	28,3%	41,7%	8,3%
Elevages de l'essai	0%	11%	33%	56%	0%

(Test du Khi deux = 0,994)

b) Comparaison du chargement

Chargement (UGB/ha)	<0,3	0,3 à 0,5	0,5 à 1	>1
60 élevages de race européenne	9%	35%	26%	30%
Elevages de l'essai	0%	33%	56%	11%

(Test du Khi deux = 0,703)

c) Comparaison de la localisation

Localisation	Province Sud	Province Nord	Province des îles loyautés
60 élevages de race européenne	89%	11%	0%
Elevages de l'essai	78%	22%	0%

(Test du Khi deux = 0,904)

## 2. Elevages non vaccinés

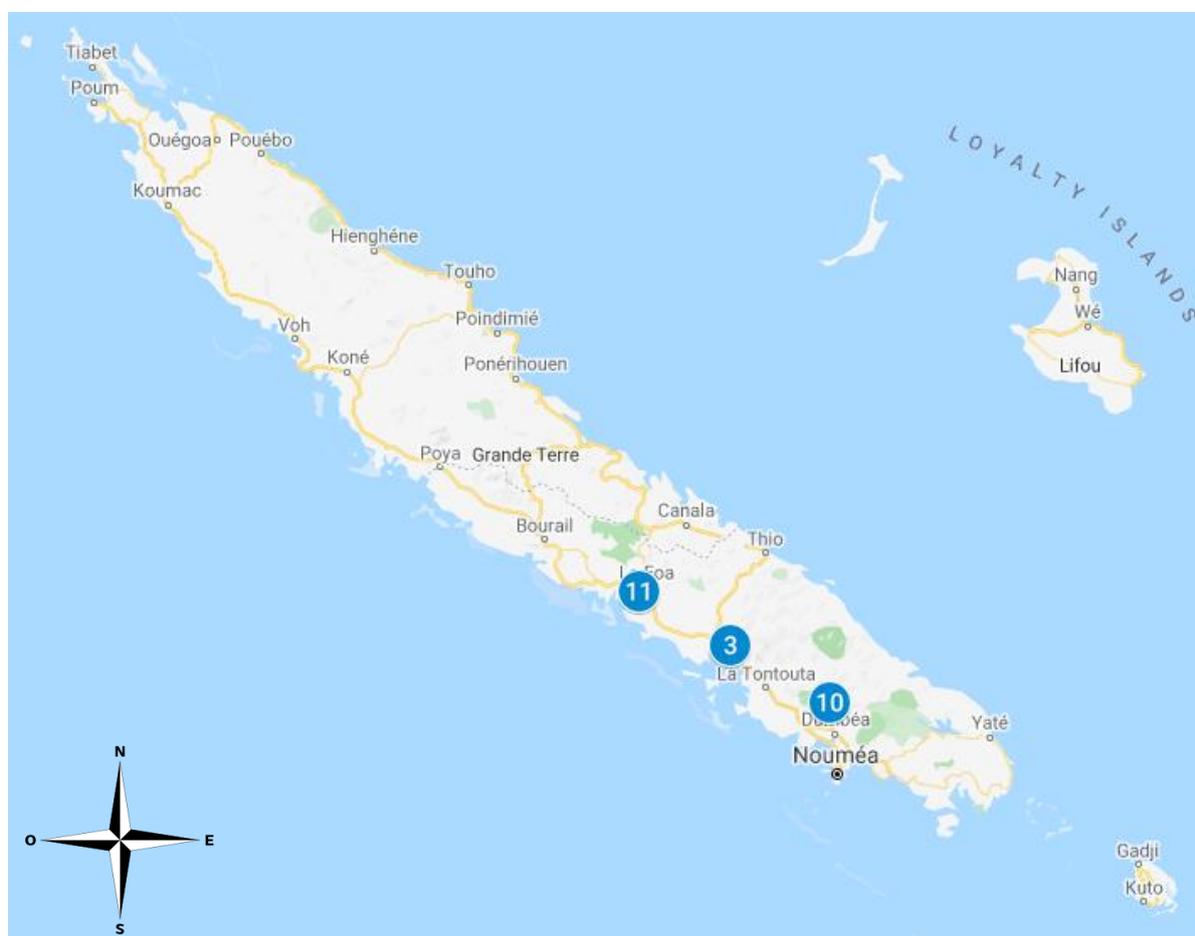
Pour pouvoir faire une comparaison avec les résultats des élevages de l'essai, d'autres éleveurs ont été choisis à postériori avec les critères ci-dessous :

- ❖ Une taille de cheptel de races sensibles (Charolaise ou Limousine) d'au moins 25 têtes
- ❖ Présence d'une lutte agropastorale possible
- ❖ Un accès aux données sur le nombre de traitements et leur date (au moins par semestre)
- ❖ Les troupeaux présentant un léger changement de conduite sont acceptés (voir 5<sup>ème</sup> colonne du Tableau 9).

**Tableau 9 : Données relatives aux troupeaux non vaccinés pendant la période de l'essai**

Elevage	Race (% dans le troupeau)	Nombre de bovins (en juin 2020)	Suivi en lutte agropastorale (année)	Changement de conduite
3 (*)	100 % Limousin	Environ 260	Oui (2016)	
10	100% Limousin	191	Oui (2016)	
11	100 % Limousin	Environ 300	Non	Changement de chargement (**)

(\*) L'élevage 3 a un troupeau de limousin pur conduit selon des mesures agropastorales sur des parcelles dédiées différentes de celles des troupeaux participant à l'essai du plan de lutte comprenant la lutte agropastorale et vaccinale  
 (\*\*) moyenne de 360 têtes en 2017 et 2018, puis environ 240 têtes en 2019 et enfin une augmentation du nombre de têtes en 2020



**Figure 19 : Carte de la répartition des élevages non vaccinés**

Les éleveurs non vaccinés sont tous localisés en Province Sud. En ce qui concerne la taille des élevages non vaccinés, par rapport aux catégories de taille d'élevages précisées dans la partie I.A.2.b)(1), tous les élevages choisis sont de grande taille (100-499 têtes).

### 3. Lutte acaricide

#### a) Le choix des acaricides

Lors d'une infestation par les tiques, les traitements de formulation courte action à l'amitraze sont utilisés en première intention même si l'élevage a un statut résistant à l'amitraze par faute de produits accessibles. Des formulations courte action à base d'ivermectine peuvent aussi être utilisées si les éleveurs veulent vermifuger leurs bêtes en même temps. Les produits longue action sont appliqués par des techniciens du GDS-A en accord avec le calendrier de rotation des parcelles (partie I.C.1.d).

#### b) Seuil de tolérance avant un traitement acaricide

D'autre part, les éleveurs ont des seuils de tolérance différents en ce qui concerne le moment du traitement acaricide. Certains traitent les bovins dès l'observation des premières tiques. C'est le cas de l'élevage 8. D'autres tolèrent une faible infestation par les tiques avant de traiter, ce seuil varie d'un éleveur à l'autre. C'est le cas des élevages 2, 5, 6 et 7. Enfin, d'autres sont plus ou moins tolérants selon leurs troupeaux ou la période de l'année. Ils sont classés dans la catégorie « intermédiaire ». C'est le cas des élevages 1, 3, 4 et 9.

**Tableau 10: Présentation des différentes stratégies de traitement acaricide dans les élevages suivis**

Elevage	Stratégie de traitement acaricide (2020)
1	<b>Intermédiaire</b> : l'éleveur traite dès les premières tiques pour un troupeau. Pour les autres troupeaux, il traite lorsque l'infestation est jugée trop importante
2	<b>Tolérant</b> : l'éleveur traite lorsqu'il voit entre 5 et 10 tiques gorgées par vache et si plus d'une vache est atteinte
3	<b>Intermédiaire</b> : la tolérance varie selon ses troupeaux. Certains sont traités dès qu'il voit des tiques et d'autres sont traités lorsque l'infestation est jugée trop importante.
4	<b>Intermédiaire</b> : lorsqu'il remarque des tâches de sang, il ramène ses bovins au stock-yard pour observer les tiques au matin ; si elles sont en trop grand nombre, il traite. Sa tolérance de tiques est assez basse.
5	<b>Tolérance</b> : l'éleveur tolère quelques tiques avant de traiter
6	<b>Tolérance</b> : l'éleveur tolère quelques tiques avant de traiter
7	<b>Tolérance</b> : l'éleveur tolère quelques tiques avant de traiter
8	<b>Traite dès les premières tiques</b> : l'éleveur traite dès les premières tiques
9	<b>A vue et tolérant</b> : l'éleveur traite dès les premières tiques en période de sécheresse et est plus tolérant sur le reste de l'année

#### 4. La lutte agropastorale

Les mesures agropastorales entreprises dans cet essai sont les mêmes que celles décrites dans la partie I.C.2.a)(3) (Berger, 2019 ; Hüe, Fontfreyde, 2019). Ainsi, des techniciens du GDS-A et/ou de l'IAC ont suivi les neuf élevages pendant la durée de l'essai afin d'appliquer au mieux des mesures agropastorales.

Chaque élevage a suivi un calendrier de rotation (exemple en [Annexe 1](#)) pour ses troupeaux concernés et a reporté l'observation de tiques sur les bovins, le mouvement des troupeaux sur les différentes parcelles, les dates et les traitements acaricides effectués au cours des trois années de suivi (juillet 2017 à juin 2020). A l'aide de l'estimation de l'infestation des parcelles établie par le calendrier de rotation, des traitements acaricides longue action ont été programmés pour ensuite déplacer le troupeau traité dans les parcelles contenant des larves infestantes.

Le passage de drapeau (Partie I.C.2.a)(1)) dans les parcelles pouvait être réalisé pour confirmer ou infirmer la présence de larves dans les pâturages et le comparer aux prévisions renseignées dans le calendrier de rotation. Cet outil n'a pas été utilisé régulièrement, ni par tous les élevages.

Certains élevages étaient déjà suivis en lutte agropastorale avant le début de l'essai (juillet 2017). C'est le cas des élevages 1, 2, 3 et 4.

#### 5. La lutte vaccinale

Le vaccin utilisé est le même que lors de l'essai en stabulation en 2015 (Hüe et al., 2017).

Pour chaque animal de l'essai, deux injections de primovaccination ont été réalisées à un mois d'intervalle. Des injections de rappel ont été effectuées ensuite tous les six mois. Tous les animaux de plus d'un mois du/des lots suivis ont été vaccinés. Lorsque d'autres races bovines non européennes étaient présentes dans les troupeaux de l'essai, ces bovins devaient être vaccinés aussi et suivaient les autres moyens de lutte mis en place. Ainsi des Brahmans et Charbrais ont été vaccinés dans l'élevage 1, des Belmonts red ont été vaccinés dans l'élevage 5 car ils pouvaient partager les mêmes parcelles ou emprunter les mêmes couloirs que les animaux de races européennes de l'essai. Les premières primo-vaccinations se sont déroulées en fin d'année 2018, de septembre à novembre. Environ 1400 bovins ont été vaccinés. Cinq campagnes de vaccination ont été réalisées, soit un total de 6079 injections.

Le vaccin a été produit en Australie à la demande de l'IAC (Institut Agronomique Néo-Calédonien) pour les besoins de l'essai. La protéine Bm86 a été synthétisée dans un

laboratoire de Brisbane (Protein Expression Facility Lab, University of Queensland). Puis, le vaccin a été fabriqué dans un laboratoire en Nouvelle-Galles du Sud (Tréidlia). Comme le vaccin calédonien a été confectionné selon les mêmes normes que le vaccin commercial TickGard (Hüe et al., 2017), les services vétérinaires (DAVAR, Direction des Affaires Vétérinaires Alimentaires et Rurales) ont autorisé son usage dans le cadre de l'essai selon les mêmes conditions que le vaccin commercial TickGard. Notamment, la viande bovine pouvait être commercialisée et consommée sans temps d'attente.

## B. Méthodes

Différents paramètres ont été suivis pour évaluer l'efficacité du plan de lutte mis en place. Pour les élevages de l'essai, la pression parasitaire a été évaluée par l'évolution du nombre de traitements acaricides effectués sur la période de l'étude et par des comptages de tiques. Dans un premier temps, une comparaison a été effectuée dans les élevages de l'essai entre mi 2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020. La vaccination a débuté fin 2018 donc cela engage à réaliser une comparaison entre avant et après la mise en place du plan de lutte dans sa globalité.

Comme il n'y a pas d'élevages témoins, une comparaison avec des élevages non vaccinés a été réalisée à posteriori. Seules les données du nombre de traitements sont disponibles. Pour la même raison, les volumes de distributions en Tactic ND ont été relevés pendant les trois années de suivi. Ainsi, si la pression parasitaire ne baisse pas de façon significative dans des élevages extérieurs à l'essai, et qu'elle baisse dans les élevages de l'essai alors il est fort probable que le plan de lutte mis en place dans les élevages de l'essai ait un impact sur la pression parasitaire.

Pour les élevages de l'essai, d'autres paramètres ont été observés tels que la pluviométrie enregistrée dans les élevages, la réponse immunitaire suite à la vaccination, un retour sur l'expérience des éleveurs suite au plan de lutte via un questionnaire.

### 1. Nombre d'équivalents bain

Le but d'un plan de lutte contre les tiques est d'obtenir une pression parasitaire basse. Ceci se traduit par une diminution du nombre de tiques sur les bovins. Un moyen de le quantifier est le nombre de traitements acaricides effectués sur une période donnée. Le nombre de traitements a donc été suivi au cours de l'expérience.

#### a) Récolte des données

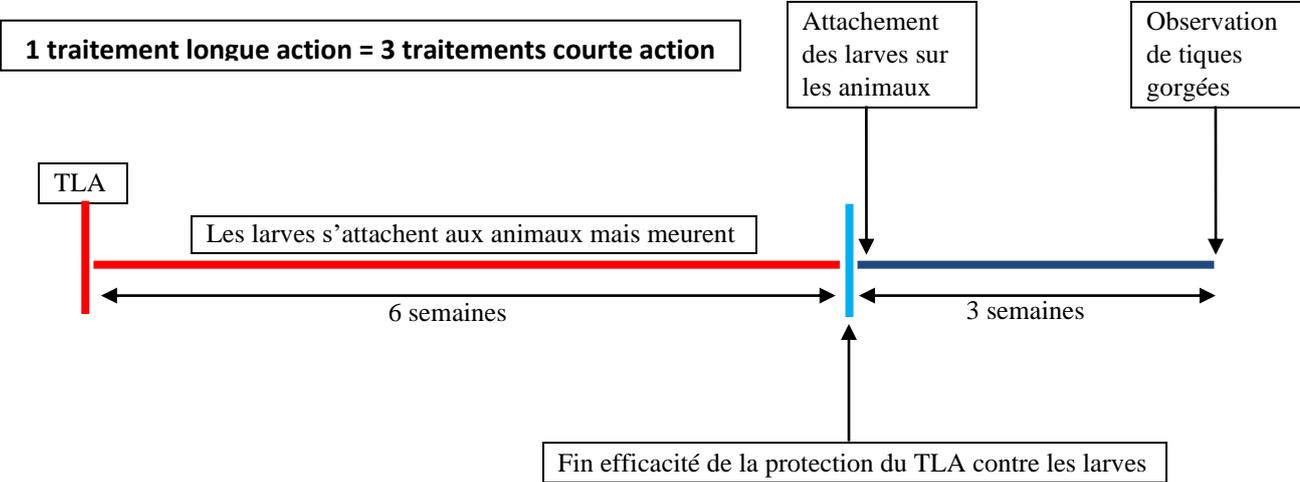
Que ce soit pour les élevages de l'essai ou les élevages non vaccinés, le nombre de traitements acaricides par semestre a été noté pour chaque troupeau. Pour les élevages contenant plusieurs troupeaux, tous les troupeaux n'étaient pas nécessairement traités au même moment. Le nombre de traitements a été rapporté par bovin et par an.

#### b) Méthodologie

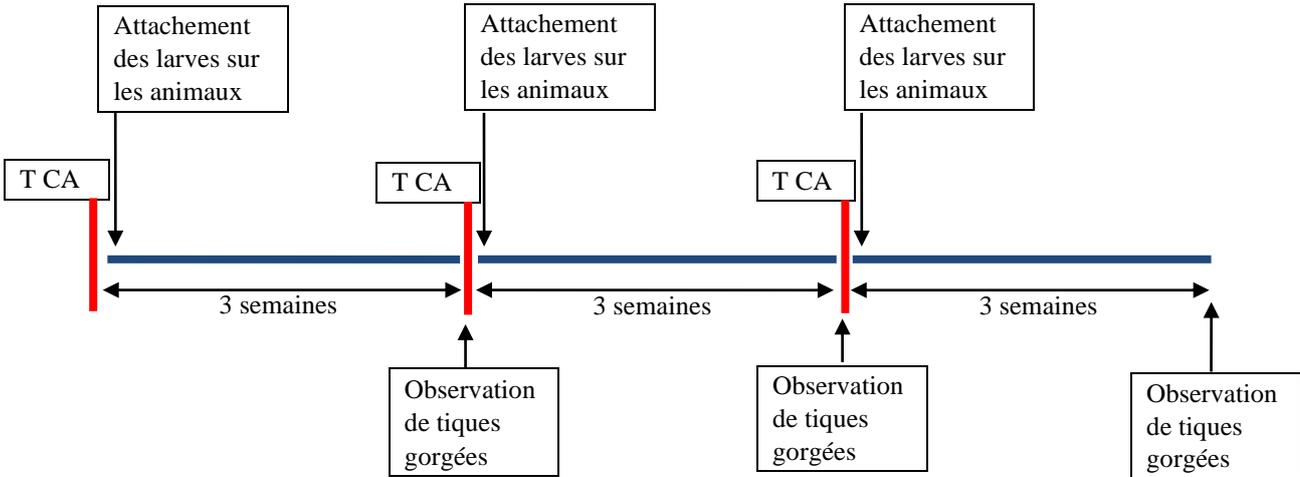
Pour compter le nombre de traitements par an et par bovin, les traitements longue et courte action sont différenciés. Un traitement courte action est l'utilisation des molécules non rémanentes (famille des amidines, avermectine). Les traitements longue action sont l'utilisation de l'Ivomec Gold ND (Ivermectine, Boehringer Ingelheim) et de l'Acatok ND (Fluazuron, Novartis). Une formule a été utilisée pour compter un nombre de traitements

regroupant les formulations longue et courte action. Ainsi, nous considérons pour l'analyse des résultats qu'un traitement longue action équivaut à l'application de trois traitements courte action, cette méthode est aussi décrite dans l'essai de Hüe et Fontfreyde (2019). Comme les « bains » à l'amitraze sont les traitements les plus courant, la mesure globale est exprimée en « nombre d'équivalents bains ». Un équivalent bain correspond à un traitement courte action.

En effet, une traitement acaricide longue action empêche les larves de se développer sur l'animal pendant six semaines en général. La phase parasitaire de la tique dure trois semaines, ainsi on peut donc observer des tiques gorgées sur un bovin qu'au bout de neuf semaines au minimum après un traitement longue action. Neuf semaines correspondent à trois cycles de la tique sur l'animal. Donc, pour l'analyse, nous considérons que l'effet d'un traitement longue action équivaut à trois traitements courte action (Figure 20).



(a) Schéma d'un traitement longue action (TLA)



(b) Schéma de trois traitements courte action (TCA)

Figure 20: Temps de protection d'un traitement longue action (a) et de trois traitements courte action (b)

## 2. Comptage de tiques lors d'infestation

Un autre moyen d'évaluer la pression parasitaire est de réaliser des comptages de tiques. Ils permettent d'observer la pression parasitaire avant de traiter les bovins contre les tiques. Il est alors intéressant d'enregistrer ces comptages au cours de l'expérience pour observer leurs évolutions.

### a) Récolte des données

Initialement, des comptages de tiques étaient prévus 3 à 4 fois par an avant le traitement acaricide. Dans les faits, les comptages ont été moins nombreux. L'éleveur devait prévenir le technicien (du GDS-A ou de l'IAC) lors d'observation de tiques. Celui-ci devait venir avant que les animaux soient traités. Dans la réalité, il n'y a pas eu des comptages avant chaque traitement acaricide.

### b) Méthodologie

Lors d'infestation par les tiques, les zones observées pour estimer le degré d'infestation pour un animal sont le flanc, le périnée, l'attache de la queue et le cou. Ces zones ont été choisies car elles sont accessibles dans un couloir (Barré, Delathière, 2010). Lors d'un comptage, si le troupeau comptait moins de 20 animaux, ils étaient tous examinés pour le comptage. Dans le cas contraire, un échantillon aléatoire de 20 à 25 animaux était examinés en évitant les vaches âgées de plus de 8 ans plus sensibles aux tiques du fait de leur âge (Sutherst et al., 1988).

Deux scores sont additionnés pour obtenir un score total d'infestation (exemple de calcul en Annexe 2) selon la méthode détaillée dans l'essai de Naves (2016) :

- ❖ **Un score d'infestation par des tiques adultes** : le nombre de tiques de plus de 4 mm est évalué en palpant un des flancs que l'on classe dans une catégorie (0 ; 0-10 ; 10-20 ; 20-30 ; 30-50 ; 50-100 ; >100). Pour l'analyse, la moyenne de la catégorie est notée (exemple : pour la catégorie 0 à 10, on prend le nombre 5 pour le score d'infestation des tiques adultes)
- ❖ **Un score d'infestation par des stades immatures** : une note sur une échelle de 0 à 4 est donnée, avec 0 représentant l'absence de stades immatures et 4 une infestation massive. Les zones examinées sont l'attache de la queue, le périnée et le cou. La moyenne de ces 3 valeurs est multipliée par 10.

**Score d'infestation = Score « tiques adultes » + Score « immatures »**

Avec Score « immatures » = 10 x moyenne « immatures » (queue, périnée, cou)

**Figure 21 : Calcul du score d'infestation**

### 3. Distribution des volumes de ventes en Taktic ND en Nouvelle-Calédonie

L'amitrazé est la molécule utilisée en première intention dans les élevages calédoniens, les données relatives à sa vente permettent d'avoir une idée globale du nombre de traitements effectués pendant la période de l'essai.

Le Taktic ND, est la formulation d'amitrazé utilisée en aspersion (couloir ou pompes) et l'Amitik ND (Coopers) est la formulation d'amitrazé pour les piscines. L'eau ainsi que le produit acaricide utilisés dans les piscines sont renouvelés dans leur totalité tous les un à deux ans. Lors d'un bain, la concentration du produit acaricide est ajustée pour obtenir une concentration de 0,25g d'amitrazé par litre mais la plus grande consommation du produit a lieu lors du changement d'eau des piscines. La quantité utilisée en Amitik ND (Coopers) dépend alors surtout des vidanges des piscines qui n'est pas directement en lien avec le nombre d'animaux. Ainsi, nous avons choisi de suivre uniquement la consommation en Taktic ND.

Les volumes de vente de Taktic ND des cliniques vétérinaires localisées dans la zone d'élevage de Pouembout à La Foa ont été enregistrés pendant l'essai et transmis par le GDS-A. La clientèle bovine de ces cliniques vétérinaires représente 61,2% des bovins recensés en 2012 (Davar, Isee, 2012). Seuls les volumes de vente sont fournis. Le produit Taktic ND est utilisé dans deux sortes d'installations : les couloirs et les pompes. Les couloirs gaspillent plus de produits que les pompes. Ainsi, la relation entre le nombre de bêtes traitées et les volumes de vente de Taktic ND n'est pas linéaire. Cependant, l'évolution des volumes de vente de Taktic ND reste intéressante.

### 4. Pluviométrie

Les conditions météorologiques peuvent influencer la pression parasitaire des tiques sur les bovins. La pluviométrie a été relevée pour chaque élevage mensuellement. Les données ont été extraites des stations météorologiques les plus proches des élevages ou relevées par les éleveurs eux même.

## 5. Réponse immunitaire et évaluation des performances reproductives des tiques

L'effet vaccinal peut être mesuré de plusieurs façons. L'évaluation de la réponse immunitaire des bovins vaccinés et l'évaluation des performances reproductives des tiques sont respectivement des indicateurs de l'utilisation du vaccin et de l'efficacité vaccinale.

Les taux en anticorps anti-Bm86 ont été estimés par la technique d'inhibition compétitive de l'antigène Bm86. Cette méthode a été utilisée pour évaluer s'il y avait une réponse immunitaire après une vaccination dans le cas où il n'y avait pas d'effets vaccinaux sur le terrain. Un échantillon de 25 bovins était prélevé à chaque rappel de vaccination sur tube sec. Quand cela était possible, les prises de sang ont été réalisées sur les mêmes animaux d'une fois sur l'autre.

Des tiques gorgées ont été prélevées sur les bovins lors de comptages de tiques après la mise en place de la vaccination d'octobre 2018 à août 2020 dans six élevages différents à 23 dates différentes. Les capacités de reproduction ont été évaluées selon la méthode de Hüe (2017). Le pourcentage de lésions hémorragiques a été déterminé sur l'ensemble de chaque récolte. Ainsi, quelle que soit sa taille sur la tique, une lésion de couleur rouge sur une tique était décrite comme « hémorragique ». Puis, une vingtaine de tiques gorgées étaient sélectionnées aléatoirement pour être pesées puis mises en incubation afin de peser leur ponte individuelle. Lorsque cela était possible, 10 tiques avec lésions hémorragiques et 10 tiques sans lésions hémorragiques étaient choisies pour l'incubation. Les tiques gorgées ont été mises en éprouvettes individuelles pendant 3 semaines à 27° Celsius et 85% d'humidité. Ensuite, le poids de leur ponte a été relevé. Un ratio ponte sur poids des tiques a été calculé, il s'agit d'un indicateur de la performance de reproduction.

## 6. Retour sur l'expérience des éleveurs

Un questionnaire après suivi a été réalisé en juillet 2020. Il s'agit d'une enquête de satisfaction du plan de lutte mis en place lors des 3 années de suivi. Ce questionnaire a permis de calculer la charge de travail de l'éleveur avant et après la mise en place du plan de lutte et de réaliser un questionnaire de satisfaction.

### a) La charge de travail des éleveurs

La charge de travail des éleveurs a été évaluée par le nombre de manipulations de bétail par an, le temps dédié à la surveillance des animaux et le temps passé pour les traitements anti-tiques, c'est-à-dire le temps nécessaire à :

- ❖ une manipulation de bétail pour effectuer un traitement acaricide courte action,

- ❖ une manipulation de bétail pour un traitement acaricide longue action,
- ❖ une manipulation de bétail pour la vaccination anti-tiques,

Pour chaque manipulation du bétail décrite ci-dessus, le temps moyen de déplacement du troupeau et le temps consacré aux traitements contre les tiques sont comptés. Un pourcentage de gain de temps est ensuite calculé en comparant les périodes mi 2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020.

#### b) Questionnaire de satisfaction

Une échelle de satisfaction a été réalisée lors du questionnaire après suivi par rapport aux luttes chimique, agropastorale et vaccinale ainsi que l'ensemble du plan de lutte (exemple en [Annexe 3](#)). Il a été demandé si les méthodes mises en place ont été comprises et appropriées, notamment le calendrier de rotation. Une échelle de satisfaction a été proposée pour l'organisation du travail en ce qui concerne ce plan de lutte.

Le questionnaire a aussi permis de regrouper les témoignages des éleveurs sur d'éventuels effets secondaires provoqués par le vaccin au cours de l'essai.

### 7. Bilan

Pour évaluer l'efficacité du plan de lutte contre les tiques, plusieurs paramètres sont à prendre en compte. Nous observerons la pression parasitaire par le biais de l'évolution du nombre de traitements et de comptages de tiques lors d'infestation. La réponse immunitaire a été suivie par l'évolution du pourcentage d'inhibition de l'antigène Bm86 au cours du temps. Des tiques ont été récoltées pour mesurer leur poids et le poids de leur ponte sur le terrain.

A posteriori, une récolte des données du nombre de traitements par année a été réalisée sur des élevages de race européenne sensible à la tique, pour comparer l'évolution du nombre de traitements entre les groupes de bovins vaccinés et non vaccinés. De même, des données ont été récoltées sur les volumes des ventes de Tactic ND, pendant la période de l'essai en Nouvelle-Calédonie.

Ensuite, des indicateurs ont été relevés pour évaluer la mise en place de ce plan de lutte en conditions réelles. Ainsi, la charge de travail des éleveurs face à ce plan de lutte et le retour des éleveurs par le biais d'un questionnaire de satisfaction sont les paramètres pris en compte. Le [Tableau 11](#) ci-dessous résume les différents objectifs.

**Tableau 11 : Présentation des différents objectifs évalués dans cette étude**

Objectifs spécifiques	Suivi de paramètres	Indicateurs de résultats	
<b>Mesurer l'efficacité du plan de lutte</b>	Pression parasitaire	Elevages de l'essai	Le nombre d'équivalents baignés
			Le comptage de tiques lors d'infestation
		Autres élevages	La consommation de Taktic ND
			Le nombre d'équivalents baignés dans des élevages non vaccinés
	Réponse à la vaccination	Dosage des anticorps vaccinaux	
		Effet du vaccin sur la capacité de ponte des tiques	
<b>Mesurer l'adéquation du plan de lutte avec les conditions réelles</b>	Satisfaction du plan de lutte	Questionnaire de satisfaction	
		Effets secondaires du vaccin	
	Charge de travail des éleveurs	Temps de travail par poste de travail	

## C. Analyses

Par la suite, l'évolution des différents paramètres suivis est comparée entre les périodes mi 2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020. En effet, la période mi 2017-mi 2018 est la période de mise en place du plan de lutte. Les mesures agropastorales ont été mises en place dans les élevages où elle était absente et la vaccination n'a débuté que fin 2018. La période mi 2019-mi 2020 est une année où le plan de lutte est effectif, l'effet du plan de lutte devrait être perceptible.

### 1. Nombre de traitements

Des moyennes de nombre de traitements antiparasitaires ont été calculées par bovin et par année pour chaque élevage.

#### a) Comparaison globale du nombre de traitements entre mi-2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020

Un test ANOVA à 2 facteurs a ensuite été réalisé à l'aide du logiciel R© (R Core Team, Vienne, Autriche). Il a pour but de comparer les moyennes des nombres de traitements de même variance et de répartition normale selon les années. Puis des comparaisons multiples ont été réalisées entre les périodes mi 2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020.

#### b) Comparaison du nombre de traitements entre les élevages de l'essai avec les élevages non vaccinés

Le nombre de traitements des troupeaux participant à l'essai et des troupeaux non vaccinés a été compté et a été comparé entre les deux groupes selon les périodes mi 2017 – mi 2018 et mi 2019 – mi 2020. Un test de Fisher a été réalisé pour chaque comparaison et indique des variances égales. Des tests de Student ont été réalisés entre différents groupes à l'aide du logiciel R©.

### 2. Comptage de tiques

Les données regroupant les scores d'infestation pour chaque animal échantillonné suivent une loi de Poisson exprimée par les variables « individus » et « année ». Les individus sont les bovins qui ont subi un comptage. Les années sont les périodes mi 2017-mi 2018, mi 2018-mi 2019 et mi 2019-mi 2020. L'analyse du modèle a pour but de comparer les moyennes des scores d'infestation selon les années. Une comparaison du score d'infestation moyen des élevages a été réalisée entre les périodes mi 2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020 par le test de Wald à l'aide du logiciel R©.

### 3. Autres analyses

Pour les paramètres du dosage en anticorps et de la pluviométrie, les barres d'erreurs ont été calculées sur Excel™ (Microsoft Corporation, Redmond, États-Unis) et correspondent à des intervalles de confiance à 95%.

## D. Résultats

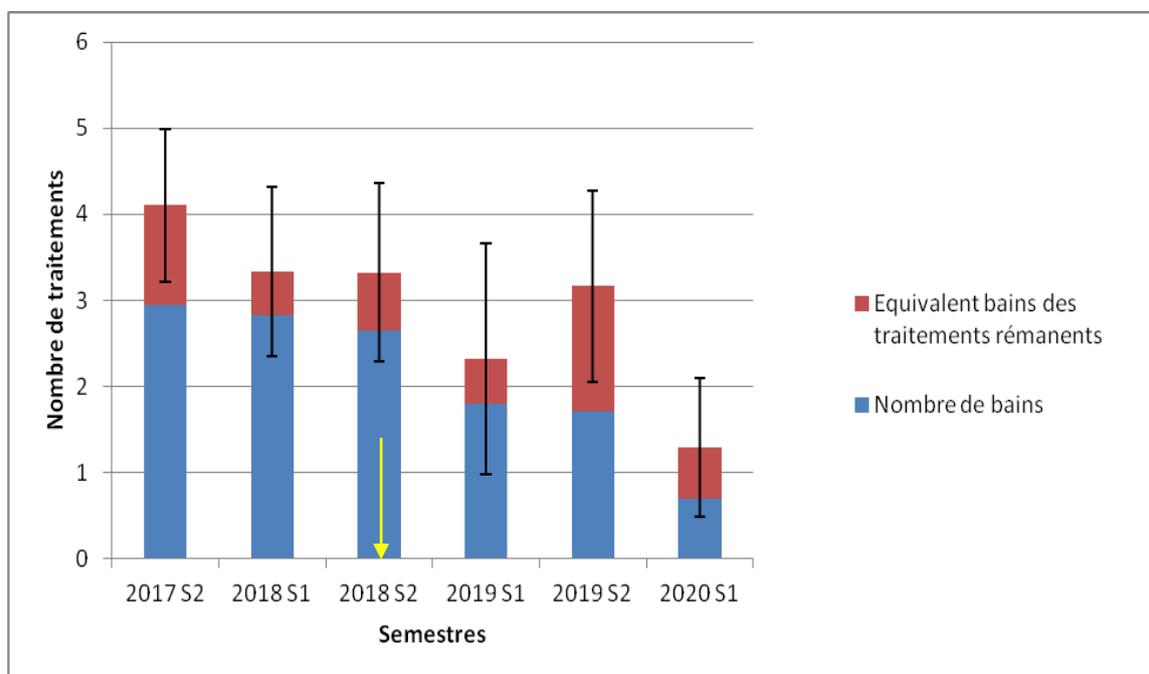
### 1. Nombre de traitements

#### a) Présentation globale

**Tableau 12 : Nombre d'équivalents bains moyen par année et leur évolution pour les différents élevages participant à l'essai**

Elevage	Nombre de traitements mi 2017-mi 2018	Nombre de traitements mi 2019-mi 2020	Variation du nombre de traitements (pourcentage)	Stratégie de traitement (questionnaire 2020)
1	6,99	5,42	-22,50	Intermédiaire
2	9,25	4,54	-50,91	Tolérant à de faible infestation
3	10,37	5,65	-45,49	Intermédiaire
4	5,00	6,00	+20,00	Intermédiaire
5	6,35	4,46	-29,79	Tolérant à de faible infestation
6	8,00	5,00	-37,50	Tolérant à de faible infestation
7	7,00	1,00	-85,71	Tolérant à de faible infestation
8	10,00	6,00	-40,00	Traite dès les premières tiques
9	4,00	2,00	-50,00	Intermédiaire
<b>Moyenne</b>	<b>7,44</b>	<b>4,45</b>	<b>-40,16</b>	

La [Figure 22](#) présente la moyenne du nombre de traitements acaricide des neuf élevages selon les semestres. Le nombre de traitements semble diminuer de façon générale mais plusieurs intervalles de confiance se recoupent selon les semestres. Une comparaison des périodes mi 2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020 est réalisée pour déterminer cette évolution.



**Figure 22 : Moyennes du nombre de bains et d'équivalents bains des traitements longue action cumulés en fonction du temps**

La flèche jaune représente le début des vaccinations des troupeaux (de septembre à novembre 2018). Les barres d'erreurs sont des intervalles de confiance 95%.

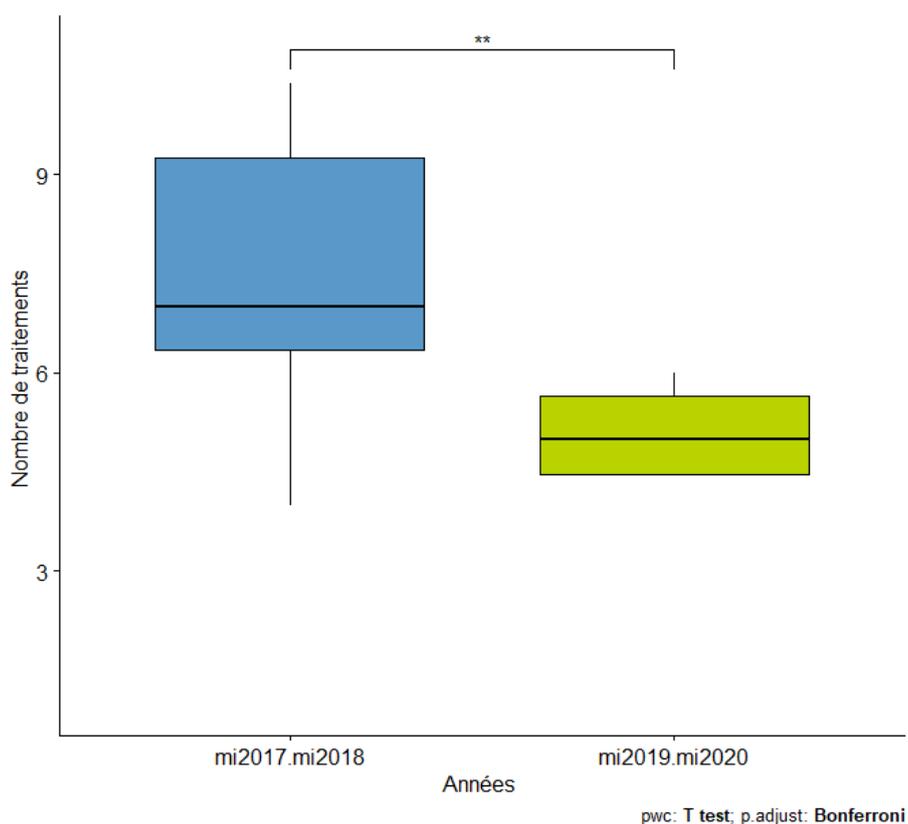
b) Comparaison de la moyenne du nombre de traitements selon les années

Le nombre de traitements est regroupé par année et une analyse à deux facteurs par Anova est effectuée sur le logiciel R© (Tableau 13).

**Tableau 13 : Tableau d'Anova pour à 2 facteurs : Années et Eleveurs**

Facteur	Somme des carrés	Degré de liberté	Valeur F	Valeur p
Année	40,715	2	8,6685	0,002815
Eleveur	80,436	8	4,2814	0,006462
Résidus	37,575	16		

En moyenne, le nombre d'équivalents bains passe de 7,44 à 4,45 par bovin par an entre la période mi 2017-mi 2018 et la période mi 2019- mi2020 , ce qui est significativement différent avec une p-value de 0.026 d'après les comparaisons multiples effectuées entre années (Figure 23). Ainsi, la réduction du nombre de traitements en moyenne est de **40,2%** entre la période mi 2017-mi 2018 et la période mi 2019-mi 2020.



**Figure 23 : Evolution du nombre moyen de traitements entre les périodes mi 2017- mi 2018 et mi 2019 – mi2020**

c) Comparaison avec des élevages non vaccinés

**Tableau 14 : Résultats des tests de Student**

Comparaison	Valeur F	Valeur p
Moyenne du nombre de traitements du groupe de l'essai avec le groupe non vacciné pour la période mi 2017- mi2018	0,9334	0,1041
Moyenne du nombre de traitements du groupe de l'essai avec le groupe non vacciné pour la période mi 2019- mi2020	0,2123	0,01781

La diminution moyenne du nombre d'équivalents bains pour les élevages non vaccinés est de 6,7 % alors que ceux des élevages vaccinés est de 40,2%. Pour la période mi 2017-mi 2018, les moyennes du nombre de traitements des élevages de l'essai et non vaccinés sont respectivement, 7,44 et 10,00 équivalents bains par bovin par an (p-value=0,1041). Pour la période mi 2019-mi 2020, les moyennes du nombre de traitements des élevages de l'essai et non vaccinés sont respectivement 4,45 et 9,33 équivalents bains par bovin par an (p-value=0,01781). D'après le Tableau 14, les moyennes du nombre de traitements des élevages de l'essai et non vaccinés deviennent significativement différentes après la mise en place du plan de lutte.

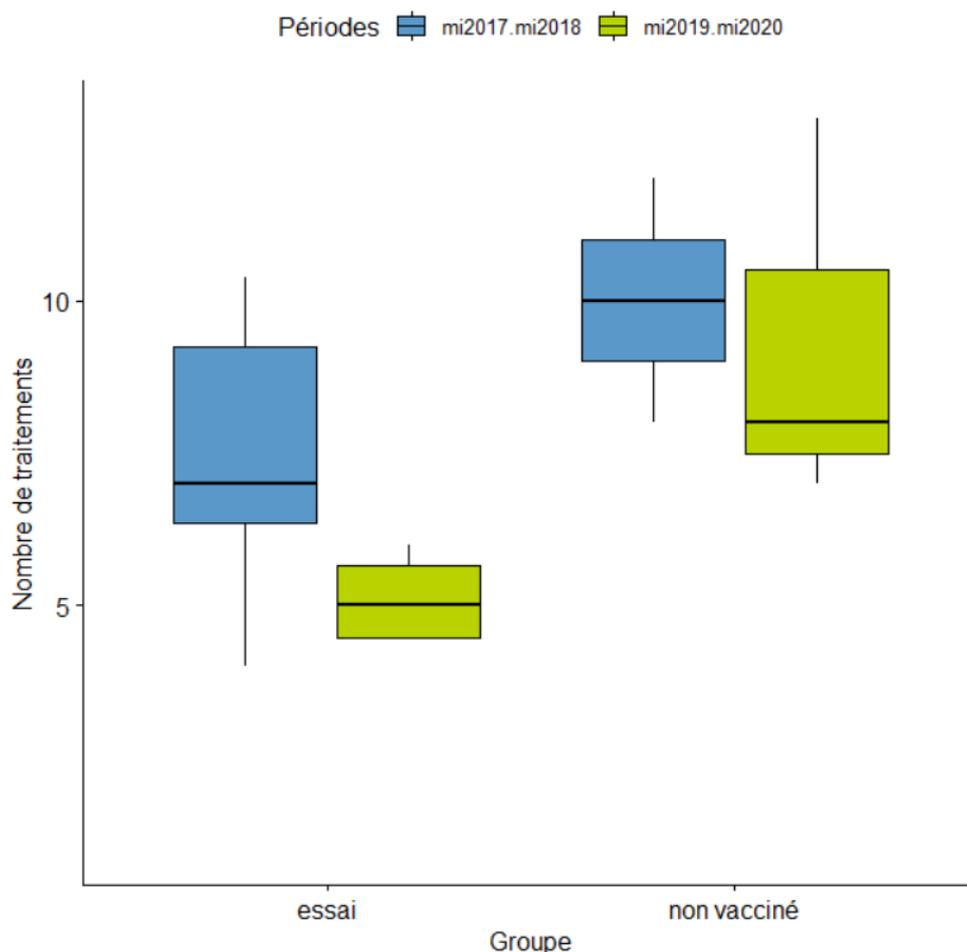


Figure 24 : Moyenne du nombre de traitements (en équivalents bains) des élevages de l'essai et les élevages non vaccinés en fonction des périodes de suivi

2. Comptage de tiques

a) Présentation globale

Les comptages de tiques lors d'infestation ont été réalisés dans les élevages lorsque cela était permis. En moyenne, 6,7 comptages par élevage ont été effectués entre juillet 2017 et juin 2020 dont 2,4 sur la période mi 2017-mi 2018 et 2,5 sur la période mi2018-mi2020 (Tableau 15).

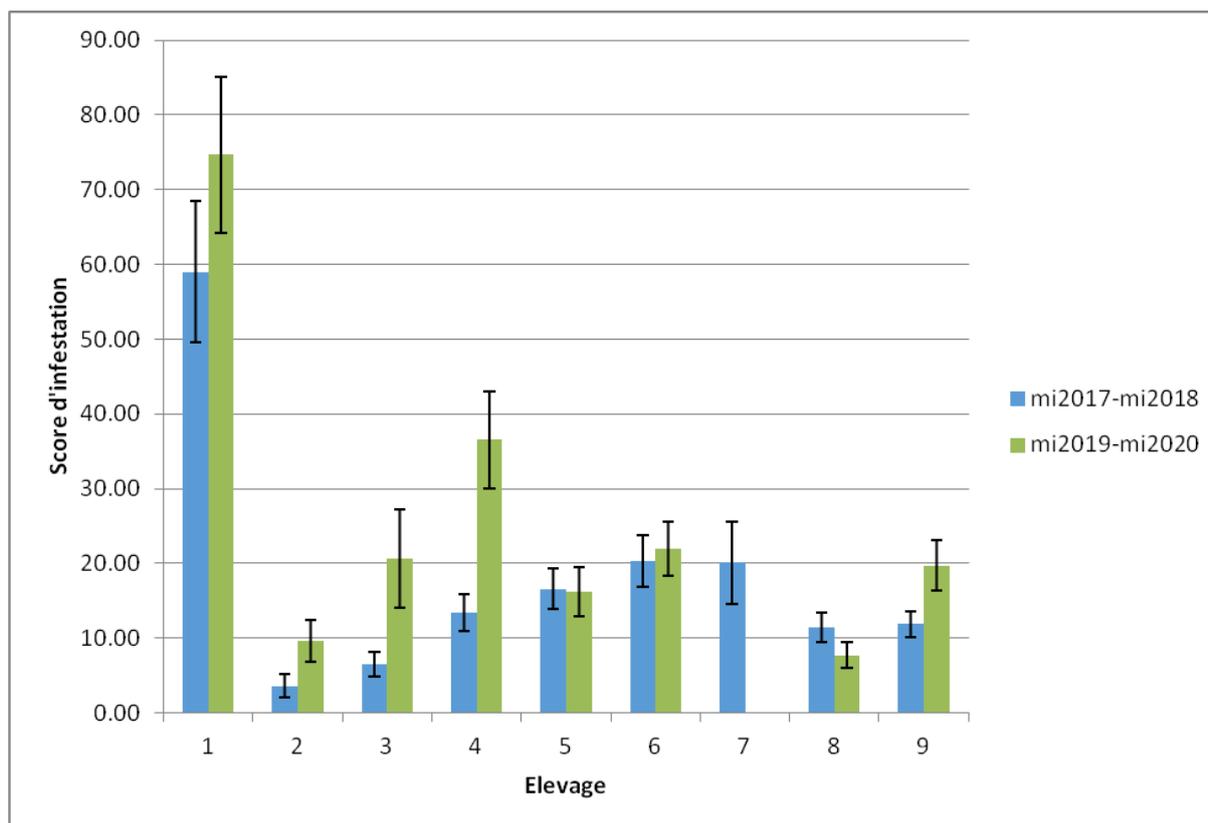
Tableau 15 : Nombre de comptages selon les différents élevages réalisés entre juillet 2017 et juin 2020

Elevage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Moyenne
Mi 2017-mi 2018	2	1	2	2	3	4	1	3	4	2,4
Mi 2019-mi 2020	2	3	3	4	4	1	NO	2	1	2,5
<b>Total sur les 3 ans de suivi</b>	7	9	8	8	9	6	2	5	6	6,7

1387 données de comptages de tiques ont été enregistrées lors des trois ans de suivi.

**Tableau 16 : Moyenne des scores d'infestation réalisés selon les différents semestres**  
 « NO » indique qu'il n'y a pas eu de comptages pendant ce semestre

Semestre Elevage	2017-S2	2018-S1	2018-S2	2019-S1	2019-S2	2020-S1
1	21,11	70,40	29,78	NO	91,06	69,48
2	3,60	NO	18,88	8,36	12,27	3,33
3	8,80	3,00	11,78	19,00	4,40	13,18
4	5,00	20,84	26,08	20,52	8,82	35,67
5	NO	16,70	16,62	NO	16,58	15,84
6	26,32	17,16	NO	NO	21,96	NO
7	NO	20,09	19,10	NO	NO	NO
8	13,00	10,90	NO	NO	9,96	5,25
9	9,23	19,88	NO	NO	19,72	NO
<b>Moyenne</b>	<b>12,44</b>	<b>22,37</b>	<b>20,37</b>	<b>15,96</b>	<b>23,10</b>	<b>23,79</b>



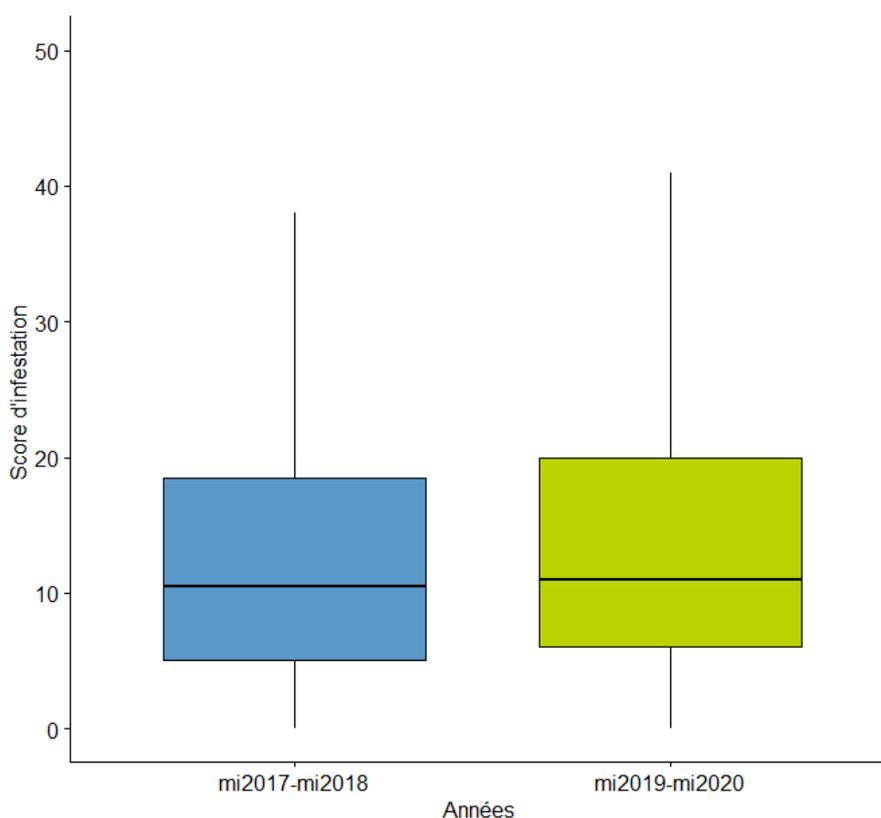
**Figure 25 : Présentation globale des données de score d'infestation entre les années avant et après mise en place du plan de lutte** Les barres représentées sont des intervalles de confiance à 95%. L'élevage 7 n'a pas eu de comptages depuis fin 2018.

La [Figure 25](#) présente les moyennes des scores d'infestation de la période mi 2017-mi 2018 en comparaison avec la période mi 2019-mi 2020 selon les élevages. Certains élevages ont eu des scores d'infestations qui ont significativement diminué (Elevage 8) et d'autres ont des scores d'infestations qui ont significativement augmenté (Elevages numéro 2, 3, 4 et 9).

Pour déterminer s'il y a une différence significative entre les années de suivi, une analyse statistique a été réalisée en comparant les années.

#### b) Comparaison globale des scores d'infestation en fonction des années

Les comparaisons multiples entre années montrent que le score d'infestation moyen de la période mi 2019-mi 2020 est significativement plus élevé que la période mi 2017-mi 2018 ( $p$ -value =  $2 \times 10^{-16}$ ). Le modèle estime les scores d'infestation moyen par période de suivi. Le score moyen d'infestation estimé de la période mi 2017-mi 2018 est de 10,00 et celui de la période mi 2019-mi 2020 est de 13,45, ce qui représente une augmentation de 34,5%. La [Figure 26](#) présente les deux années de comparaison.

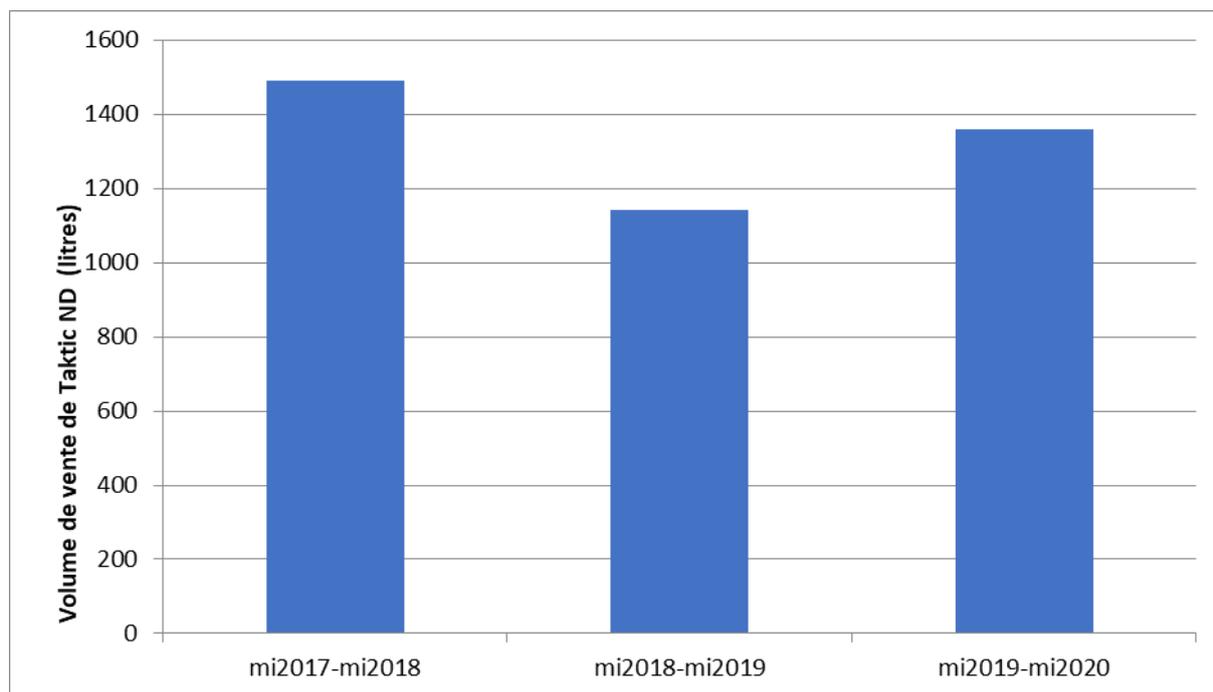


**Figure 26 : Scores d'infestation en fonction des années**

Ainsi, le score d'infestation de l'année mi 2019-mi 2020 est significativement plus élevé de 34,5 % par rapport à celui de l'année mi 2017-mi 2018 malgré un faible écart de valeur.

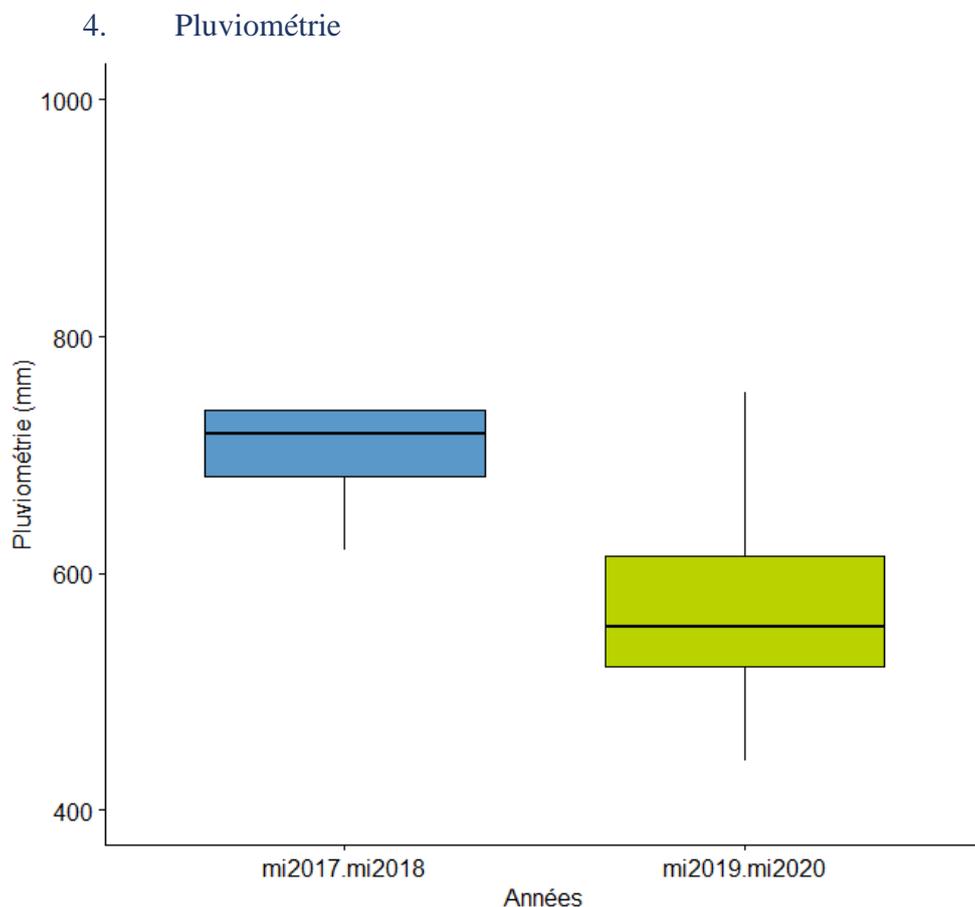
### 3. Volumes de vente de Taktic ND en Nouvelle-Calédonie

Les données sur les volumes de vente du produit acaricide Taktic ND en fonction des années de suivi sont présentées ci-dessous :



**Figure 27 : Volume de vente de Taktic ND par année pour la zone regroupant 61,2% des bovins recensés en 2012 en Nouvelle-Calédonie**

D'après la Figure 27, les volumes de distribution de Taktic ND relevés entre la période mi 2017-mi 2018 et la période mi 2019-mi 2020 ont subi une diminution de 8,9%.



**Figure 28 : Pluviométrie moyenne des élevages de l'essai en fonction des années**

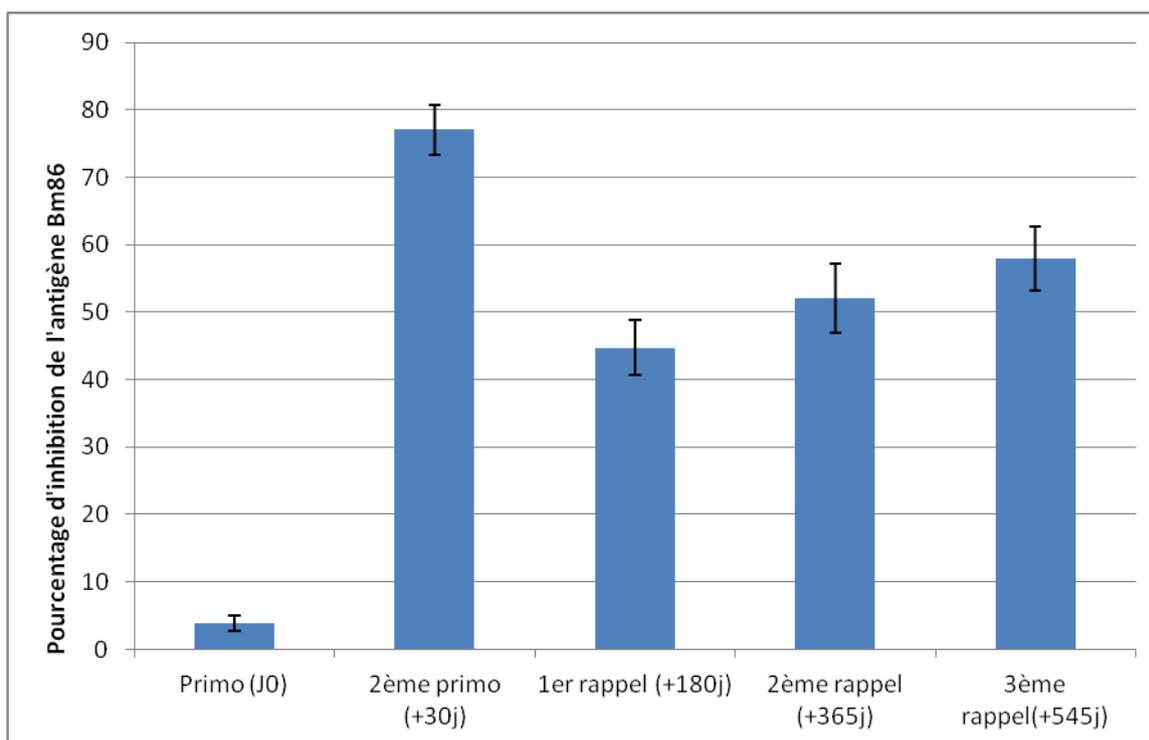
La moyenne des pluviométries de chaque élevage a été comparée avant et après la mise en place du plan de lutte et sont de même variance (Valeur F (test de Fisher) =0,7386). La pluviométrie moyenne par élevage sur la période de mi 2017-mi 2018 est de 811 mm et celle de mi 2018-mi 2019 est de 675 mm. Il n'a pas de différence significative de la pluviométrie moyenne entre les deux années (Valeur p =0,3262).

#### 5. Performance de reproduction des tiques gorgées sur des animaux vaccinés

Des tiques ont été prélevées à partir d'un mois après la deuxième injection de primo vaccination. Un total de 1841 tiques a été récolté au cours de l'essai. Les tiques avec des lésions hémorragiques, c'est-à-dire avec une couleur rouge apparente sur n'importe quelle partie du corps de la tique, sont présentes à 20,5% dans la population de tiques prélevées.

Au total, les capacités de ponte de 358 tiques gorgées ont été étudiées uniquement. Le poids moyen d'une tique gorgée sur un animal vacciné est de 137.7mg+/-21.21. La ponte moyenne d'une tique gorgée sur un animal vacciné est de 58.7 mg+/-16.6. Ainsi, le ratio moyen du poids d'une ponte sur le poids d'une tique gorgée est de 41,0%.

## 6. Réponse immunitaire



**Figure 29 : Pourcentage d'inhibition de l'antigène Bm86 avant les injections vaccinales**

Les anticorps Bm86 ont été dosés avant les injections vaccinales sur du sang récolté sur tube sec. Les sérologie Bm86 ont été effectuées selon la méthode indirecte ELISA en monoculture en calculant un pourcentage d'inhibition. Une réponse vaccinale est présente et se maintient entre les périodes de rappel de vaccination.

## 7. Effets secondaires du vaccin

Au total, 6 079 injections ont été réalisées au cours de l'essai. Des effets secondaires observés au niveau cutané apparaissent sur une partie des animaux au site d'injection. Il s'agit de nodules, de dépilations et/ou d'abcès.

### a) Réactions cutanées locales

Les éleveurs voient des réactions locales au site d'injection suite à la vaccination. Il s'agit :

- ❖ D'épaississements de la peau en forme de sphère d'environ 5 cm de diamètre. Ils peuvent atteindre les 15 cm de diamètre. Ils apparaissent dans les jours suivants l'injection et leur taille se réduit au fur et à mesure du temps jusqu'à atteindre une petite taille. Certains disparaissent ensuite. L'enregistrement de l'évolution de ces nodules n'a pas été réalisé précisément.



**Figure 30 : Photographies des réactions locales 6 mois après la dernière injection sur des limousines (photos de gauche et du milieu) et sur un croisé Brahman (photo de droite) (©IAC)**

Les cercles rouges indiquent l'emplacement des réactions cutanées locales.

- ❖ De dépilations de quelques centimètres à 20 centimètres de diamètre. La peau est rosée à orange, suintée, desquamée. Ces lésions disparaissent avec le temps. Ce temps n'a pas été évalué précisément.



**Figure 31 : Photographies des réactions locales au point d'injection dans la semaine après injection sur des croisés Brahman (©IAC)**

- ❖ D'abcès. Parfois, les nodules évoluent en abcès. Certains ont dû être percés.

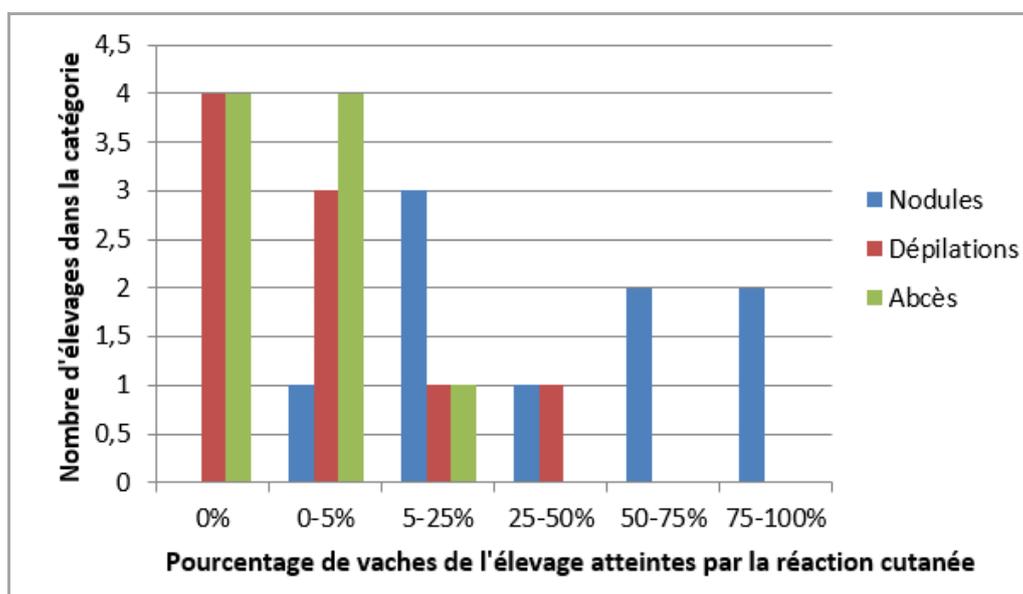
Nous avons répertorié ces effets à l'aide du questionnaire réalisé en juillet 2020. Les éleveurs ont catégorisé la fréquence d'apparition de chaque lésion sur leur cheptel après une injection : 0%, 0-5%, 5 à 25%, 25 à 50%, 50 à 75% ou 75 à 100% du cheptel après une injection vaccinale.

En moyenne sur 6 079 injections réalisées au cours de l'essai, la proportion des effets secondaires a été calculée. Pour chaque type de réaction cutanée, il a été demandé aux éleveurs quelle proportion du cheptel était affectée après une vaccination. Les résultats sont présentés sur la [Figure 32](#).

Pour les nodules cutanés, parmi les 9 élevages, 1 élevage a coché la catégorie 0-5%, 3 élevages la catégorie 5-25%, 1 élevage la catégorie 25-50%, 2 élevages la catégorie 50-75% et 2 élevages la catégorie 75-100%. En moyenne, 46,6% des injections ont développé des nodules.

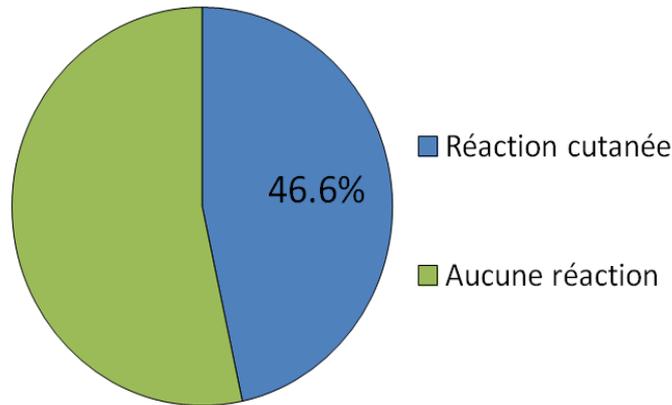
Pour les dépilations, parmi les 9 élevages, 4 élevages n'ont pas observé de dépilations, 3 élevages ont remarqué une dépilation sur 0-5% de leurs cheptels, 1 élevage sur 5-25% de leur cheptel et 1 élevage sur 25-50% de leur cheptel. Ces lésions ont été majoritairement observées sur ce dernier élevage. Les bovins majoritairement touchés dans cet élevage sont des Brahmans ou des Charbrais. Certains élevages ont donné le nombre exact d'animaux atteints. En prenant en compte les données des 9 élevages, 9,9% des injections ont induit des dépilations. Si l'élevage contenant des Brahmans et Charbrais est retiré, ce pourcentage chute à 0,9%.

Pour les abcès, parmi les 9 élevages, 4 élevages n'ont pas observé cette réaction cutanée, 4 élevages ont noté la formation d'un abcès sur 0-5% de leurs cheptels et 1 élevage sur 5-25% de leur cheptel. Quatre élevages ont fourni le nombre exact d'animaux ayant développé un abcès (entre 1 et 3 bêtes par élevage) et un dernier élevage a précisé que 10% de son troupeau a été touché par vaccination. Dans ce dernier élevage, les races Brahmans et Charbrais ont majoritairement ce genre de lésion. Au total, 2,6% des injections se poursuivent en abcès. Si les données de l'élevage touché à 10% de son troupeau sont retirées, 0,1% des injections évoluent en abcès parmi les 8 élevages restants.



**Figure 32 : Proportion des vaches atteintes par une réaction cutanée dans l'élevage et regroupé par nombre d'élevage**

Lorsqu'un animal a réagi, il est susceptible de réagir à chaque injection. En moyenne, les éleveurs rapportent que 46,6% de leur cheptel a développé une réaction au point d'injection.



**Figure 33 : Pourcentage moyen de réactions cutanées suite à l'injection du vaccin anti-tiques observées parmi les troupeaux vaccinés**

**b) Saisies partielle à l'abattoir**

A l'abattoir, des saisies ont été effectuées au niveau du point d'injection du vaccin mais sont restées rares. Au total, 5 élevages sur 9 ont subi des saisies en rapport avec l'injection du vaccin pour un total de 44 bovins (saisies de 1 à 5 kg). Certains élevages ont donné le nombre exact d'animaux abattus par an. Pour d'autres, le nombre de veaux abattus a été approximé par le nombre de 70% du nombre de vache mère. Le nombre de gros bovins abattus a été calculé en prenant le nombre de réforme (20% du troupeau). Le nombre total de bovins abattus lors de l'essai vaccinal sur le terrain a été estimé à 679. Ainsi, 6,5 % des bovins envoyés à l'abattoir lors de l'essai ont subi une saisie partielle.

La plus grosse saisie s'élève à 5 kg sur un veau vacciné 2 mois auparavant pour des traces blanchâtres au point d'injection du vaccin et un nœud lymphatique pré-scapulaire abcédée. Il n'y a pas de temps d'attente après l'injection du vaccin en ce qui concerne la consommation de la viande ou du lait. Au cours de l'essai, 61% des bovins saisis partiellement ont été vaccinés dans les 2 mois précédent l'abattage. Certains éleveurs préfèrent ne pas vacciner les animaux partant dans les 3 prochains mois à l'abattage du fait de cette expérience.



**Figure 34 : Photographie de saisie partielle pour un nœud lymphatique pré-scapulaire abcédé sur un veau limousin (©IAC)**

Le cercle rouge indique la position du nœud lymphatique abcédé



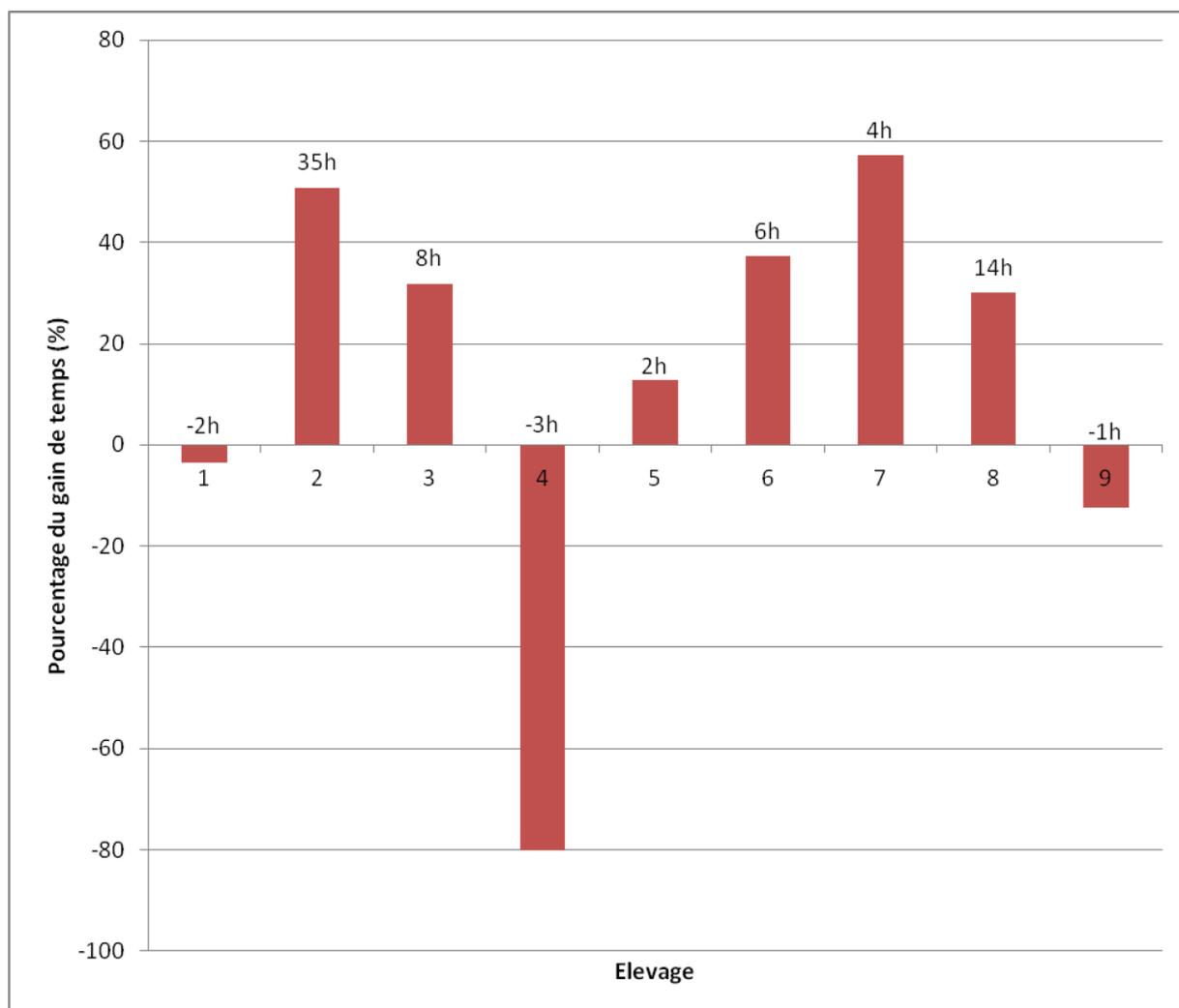
**Figure 35 : Photographies de saisies partielles sur des veaux (©IAC)**

La photo de gauche indique par la flèche rouge un nœud lymphatique abcédé flanc droit sur un veau limousin un à deux mois après la vaccination. La photo de droite montre une infiltration blanchâtre au niveau du cou (flèche rouge) sur un veau limousin vacciné deux mois auparavant

## 8. Charge de travail de l'éleveur

La fréquence des rentrées de bétail et le temps de surveillance de la présence de tiques n'ont en moyenne pas changé au cours des 3 ans de suivi d'après les questionnaires remplis par les éleveurs en juillet 2020.

Le temps de travail attribué aux traitements acaricides et à la vaccination anti-tiques ainsi que les temps de trajets ont été calculés pour la période mi-2017-mi2018 et la période mi2019-mi2020. Le gain de temps en heures et en pourcentage entre ces deux périodes est représenté dans le graphique ci-dessous (Figure 36). En moyenne, le gain de temps moyen est de 14% entre les deux années comparées.



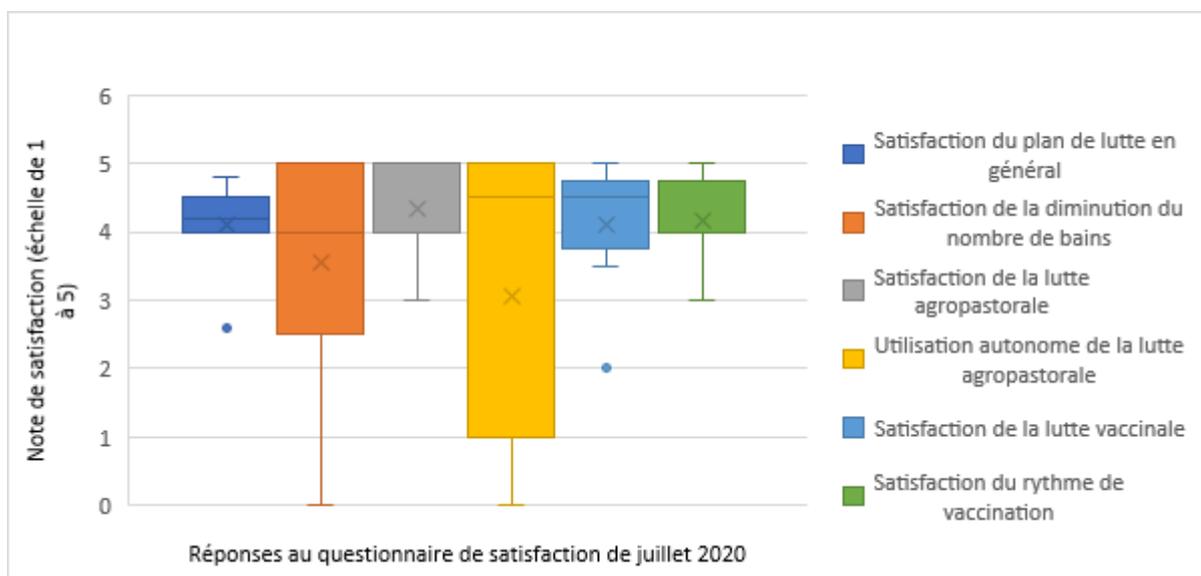
**Figure 36 : Gain de temps de travail en pourcentage et en heures entre les années mi 2017-mi 2018 et mi 2019-mi 2020 dans les différents élevages**

## 9. Questionnaire de satisfaction

Le degré de satisfaction a été mesuré pour plusieurs paramètres. L'échelle varie de 1 à 5. La note 5 est la plus haute note de satisfaction.

En moyenne, les éleveurs ont rapporté que le plan de lutte mis en place est efficace contre les tiques (note moyenne de 4,1/5). Ils ont l'impression d'observer une diminution du

nombre de bains (note moyenne de 4/5). La lutte agropastorale leur semble efficace (note moyenne de 4,3/5) mais il est plus ou moins facile d'utiliser l'outil du calendrier de rotation (note moyenne de 3,4/5). La lutte vaccinale leur semble efficace (note moyenne de 4,1/5) et le rythme de vaccination est satisfaisant (note moyenne de 4,2/5).



**Figure 37 : Notes de satisfaction allant de 1 à 5 en fonction des catégories de satisfaction, issues du questionnaire de juillet 2020**

Dans le questionnaire de satisfaction, une éventuelle augmentation de rythme de vaccination a été proposée. Ainsi, si la vaccination tous les trois mois était plus efficace que tous les six mois, tous les éleveurs seraient prêts à augmenter le rythme de vaccination.

Des effets secondaires à l'injection du vaccin ont été notés dans tous les élevages avec des proportions différentes. Les éleveurs ont donné leur avis sur les effets secondaires en choisissant parmi ces différentes réponses : « pas du tout gênant », « un peu gênant », « gênant », « très gênant », « très gênant au point d'arrêter le vaccin à cause de cela ». 3/9 éleveurs ont répondu que c'était « pas du tout gênant », 4/9 ont dit que c'était « un peu gênant », 1/9 « gênant » et 1/9 « très gênant ». Les problèmes ressortis sont l'aspect des réactions cutanées, les saisies liées à l'injection du vaccin.

Dans le questionnaire de satisfaction, une question ouverte sur le prix de la vaccination a été posée. Les éleveurs seraient prêts à payer entre 500fr CFP à 2500fr CFP/bovin/an (4.2 euros à 21 euros/bovin/an) pour vacciner leur cheptel contre les tiques.

## 10. Conclusion

Le plan de lutte intégrée a été appliqué dans sa totalité pendant un an et demi dans neuf élevages calédoniens. Le nombre de traitements a été diminué significativement de 40,2% et le score d'infestation présente une augmentation significative de 34,5%.

La comparaison des données de l'essai avec des données extérieures est en faveur de l'efficacité du plan de lutte intégrée. En effet, la distribution des volumes de vente en Tactic ND entre les périodes mi 2017-mi 2018 (avant) et mi 2019-mi 2020 (après) diminue faiblement de 8,9%. La diminution du nombre de traitements des élevages de l'essai n'est pas due à une baisse générale de la consommation d'acaricide, du moins de Tactic ND. De plus, la pluviométrie n'est pas significativement différente entre la période mi 2017-mi 2018 et la période mi 2019-mi 2020 et ne peut donc pas expliquer la baisse de traitements acaricides dans ces élevages. Enfin, la moyenne du nombre d'équivalents bains des élevages non vaccinés est significativement plus grande de celles des élevages de l'essai après l'application du plan de lutte intégrée.

La satisfaction du plan de lutte est générale. Le temps de manipulation des bovins pour la gestion des tiques a diminué en moyenne de 14% dans les élevages. Tous les éleveurs souhaitent continuer le plan de lutte. Les effets secondaires de la vaccination sont acceptés pour les bovins de races européennes pures. Les abcès et les dépilations sont beaucoup moins tolérés par les éleveurs.

Cet essai est prometteur en ce qui concerne la lutte contre les tiques chez les races sensibles aux tiques telles que les races Charolaise, Limousine et Blonde d'aquitaine.

## E. Discussion

### 1. Discussion du protocole

#### a) Absence d'éleveurs témoins

Dans un premier temps, le nombre de traitements acaricides et les scores d'infestation ont été comparés dans les mêmes élevages avant et après la mise en place du plan de lutte. Il n'y a pas d'élevages « témoins » qui ont évolué dans les mêmes conditions que les élevages participant à l'essai. Après discussion avec les éleveurs participant à l'essai et pour avoir le maximum d'adhésion, le protocole retenu a été d'appliquer le plan de lutte à tous les éleveurs. Ce choix a été réalisé grâce au retour d'expérience de l'essai vaccinal avec le TickGard ND (Barre et al., 2000) présenté précédemment (Partie I.C.3.d)(2)) ou l'essai avait dû être interrompu par manque d'investissement des éleveurs « témoins ». Toutefois, des paramètres extérieurs à l'essai pourraient influencer le nombre de traitements sur l'ensemble des élevages calédoniens. Il est donc intéressant d'observer l'évolution du nombre de traitements dans d'autres élevages calédoniens pour vérifier s'ils ne suivent pas la même évolution que ceux de l'essai.

#### (1) Comparaison avec des élevages non vaccinés

Il est intéressant de comparer l'évolution de la pression parasitaire des élevages de l'essai avec d'autres élevages bovins de Nouvelle-Calédonie afin de vérifier que l'évolution du nombre de traitements n'est pas générale. Les élevages non vaccinés sélectionnés sont proches des élevages de l'essai. Il s'agit de troupeaux de races européennes pures dont le nombre de traitements a été enregistré au cours des trois ans de suivis étudiés. Seulement trois élevages ont été sélectionnés, mais cela représente environ 751 bovins. Ce nombre est plus bas que les 1400 bovins des élevages de l'essai. Un nombre plus important d'élevages non vaccinés aurait été souhaitable. Seul le paramètre du nombre de traitements peut être comparé. En effet, les élevages non vaccinés n'ont pas eu de comptages lors de la période de l'essai. Les élevages non vaccinés ont diminué de 6,7% leur nombre de traitements au cours de l'essai, ce qui est inférieur à la diminution de 40,2% du nombre de traitements dans notre essai. Les moyennes des traitements acaricides entre les groupes de bovins de l'essai et non vaccinés en fonction des années est significativement différentes seulement pour l'année mi2019-mi 2020. L'effectif des groupes de bovins non vaccinés est toutefois bas. Avec un nombre plus élevé de troupeaux, l'égalité des variances ne seraient peut-être pas respectée et le test de Student ne pourrait plus s'appliquer.

## (2) Volumes de vente de Taktic ND

Pour comparer la consommation d'acaricide à l'échelle calédonienne, les volumes de vente du produit Taktic ND ont été fournis partiellement à l'échelle du territoire. L'évolution du volume de vente du produit Taktic ND est un indicateur de la consommation de ce produit et donc du nombre de traitements des élevages calédoniens. Les données de l'évolution des volumes de vente de Taktic ND n'ont été communiquées que pour une partie des cliniques vétérinaires. L'approximation du nombre de traitements par les volumes de vente de Taktic ND est critiquable. Toutefois, elle représente la seule source d'informations disponible à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie pour le nombre de traitements.

## (3) Pluviométrie

La diminution du nombre de traitements sur la période de l'essai pourrait être influencée par la météorologie. En effet, la période de juillet 2017 à juin 2020 a subi de grandes sécheresses. La pression parasitaire augmente sur des animaux en carences. Toutefois les tiques sont désavantagés en conditions d'hygrométrie faible (voir I.A.1). La pluviométrie a donc été comparée avant et après la mise en place du plan de lutte. Il n'y a pas de différence significative entre les deux années de comparaison en ce qui concerne la pluviométrie globale. La répartition des pluies au cours de l'année est une autre piste d'exploration pour ce paramètre.

### b) Critique de la taille d'échantillonnage

Le nombre de bovins de l'essai représente 1,6% des bovins recensés en 2012 (Davar, Isee, 2012), ce qui est peu. Mais les cibles de l'essai sont des bovins sensibles aux tiques, c'est pourquoi l'échantillon est restreint à des troupeaux de races européennes pures. Les élevages calédoniens menant des troupeaux de races européennes pures uniquement sont en minorité, 60 élevages (soit 58 éleveurs) ont été recensés en 2017 et 9 élevages ont été sélectionnés pour faire partie de l'essai et sont représentatif des bovins de race européenne pures. Le budget nécessaire à la réalisation de l'essai a également limité la taille de l'échantillon. Cela représentait 15% des élevages menant des troupeaux de races européennes pures en 2017. Les résultats auraient pu être plus précis avec un nombre d'élevages plus important.

## 2. Plan de lutte intégrée

### a) Biais

Certains élevages présentent des biais pour l'étude. Toutes les mesures du plan de lutte intégrée n'ont pas forcément été respectées lors des années de suivi dans les différents élevages de l'essai. L'identification de ces biais et leur résolution pourraient permettre à l'avenir de diminuer d'avantage la pression parasitaire dans ces élevages.

Certains élevages ont eu des problèmes pour respecter les directives agropastorales pour la rotation des parcelles. Par exemple, l'élevage numéro 7 a subi des dégâts lors du cyclone de début 2018. Depuis les barrières n'ont pas été remises en état et il n'a plus été possible de réaliser des rotations de parcelles à partir de ce moment-là. De même, l'élevage numéro 4 a un point d'abreuvement commun à plusieurs parcelles en période de sécheresse. Les parcelles sont partagées, ainsi si des bovins ont déposé des tiques gorgées sur une parcelle, toutes les parcelles communicantes sont susceptibles d'en avoir aussi.

Des élevages peuvent avoir des parcelles communes à différents troupeaux non vaccinés présents dans l'exploitation. Ainsi les bovins vaccinés pouvaient se contaminer avec des larves issues de tiques des autres troupeaux de l'exploitation. Le risque identifié est essentiellement l'accès au stock-yard. C'est le cas de l'élevage numéro 9 qui a une parcelle d'attente pour le stock-yard partagée avec un autre troupeau ne faisant pas partie de l'essai. De même, l'élevage numéro 3 possède plusieurs troupeaux dont certains ne participent pas à l'étude mais n'a qu'un seul stock-yard. Les trajets pour aller au stock-yard sont les mêmes pour les troupeaux de l'essai et ceux non vaccinés. Lorsque le calendrier de rotation est analysé pour cet élevage, des trajets de bovins non vaccinés ont pu croiser le trajet de bovins vaccinés. Ainsi, sept infestations au moins sont fortement suspectées d'être dues à la contamination des bovins vaccinés par les tiques gorgées déposées par des bovins non vaccinés au cours des 3 années de suivis. Dans ces cas, l'effet d'assainissement des pâturages par le vaccin est plus difficile à observer du fait de ces contaminations croisées avec d'autres populations de tiques.

Enfin, un autre élevage a présenté un biais pour les directives vaccinales. En effet, l'élevage numéro 8 n'a pas pu réaliser des vaccinations sur tous ses animaux. Le cheptel étant d'environ 380 bovins, lors de la rentrée de bétail, entre 5 et 10 bovins, soit environ 3% du cheptel ne pouvait pas être rentré et donc n'était pas vacciné. Les veaux de plus d'un mois n'étaient pas vaccinés non plus car certains partaient à l'abattage assez tôt et le choix des génisses de renouvellement se faisait plus tard. L'effet du vaccin n'a pas pu être complet sur cet élevage.

#### b) [Evaluation générale du plan de lutte intégrée](#)

L'évaluation de chaque composante du dispositif de lutte ne peut être réalisée individuellement. L'effet global du plan de lutte est mesuré mais les effets de la vaccination, de la lutte agropastorale et d'une lutte chimique raisonnée ne peuvent être séparés. Toutefois, ces trois composantes ont un effet synergique. En effet, la rotation des pâturages permet d'abaisser la pression parasitaire des parcelles, tout comme la vaccination. L'effet de

l'association de ces luttes devrait être encore plus bénéfique. De plus, la lutte chimique raisonnée permet de traiter les animaux quand cela est nécessaire. Elle permet aussi d'utiliser les traitements longue action de façon raisonnée, selon le taux d'infestation des parcelles qui peut être estimé avec un calendrier de rotation de la lutte agropastorale. Comme il n'existe pas d'essai regroupant ces trois moyens de lutte combinés, les résultats peuvent être comparés à des expériences utilisant un ou deux de ces moyens de lutte.

### c) Comparaison avec la littérature

#### (1) Comparaison avec la lutte agropastorale

Dans notre essai, la lutte agropastorale est basée majoritairement sur un calendrier de rotation. De plus, d'autres mesures agropastorales originales ont été associées. Elles sont identiques à celles utilisées lors de l'étude analysée par Berger (2019) qui s'est déroulée dans 22 élevages calédoniens (39 troupeaux). Une lutte agropastorale et une lutte chimique raisonnée ont été appliquées pendant un à trois ans dans des élevages bovins calédoniens. Ce plan de lutte a obtenu une réduction de 32,9% des traitements acaricides (Berger, 2019) alors que notre étude a diminué de 40,2% le nombre de traitements en 1,5 an d'application du plan de lutte intégrée.

Toutefois, les deux études présentent des différences. L'étude analysée par Berger (2019) n'a pas suivi que des troupeaux de races européennes pures. De plus, la proportion d'animaux résistants a pu augmenter au cours des années de suivis de Berger (2019) ce qui n'est pas notre cas. Dans notre étude, certains élevages de notre essai suivaient déjà une lutte agropastorale avant la mise en place du plan de lutte intégrée (Elevages numéro 1 suivi avant 2015, élevage numéro 2 suivi depuis 2015, élevages numéros 3 et 4 suivis depuis 2016) alors que l'étude analysée par Berger (2019) fait une comparaison avant et après la mise en place de la lutte agropastorale. Deux élevages de notre essai sont cités dans l'étude de Hüe et Fontfreyde (2019) et présentaient déjà une diminution de 82,9% et 70,9% après 2 ans de lutte agropastorale en novembre 2017. La diminution du nombre de traitements était déjà en cours dans les élevages de l'essai avant l'ajout de la composante vaccinale dans le plan de lutte intégrée. Les résultats auraient pu être améliorés si le nombre de traitements avait été relevé avant l'ajout de lutte contre les tiques non chimiques. Mais, dans notre essai, la même période de temps a été choisie pour calculer l'évolution de la pression parasitaire dans les élevages de l'essai.

#### (2) Comparaison avec la lutte vaccinale

Dans la littérature, il existe de nombreuses études sur les vaccins et de nombreuses méthodes sont utilisées pour évaluer leur efficacité. La détermination de l'efficacité vaccinale

(voir I.C.3.c)(1)) est souvent utilisée lors d'essai en stabulation. Des comptages de tiques et le recueil du nombre de traitements sont utilisés pour des essais terrains. La comparaison peut se faire entre un groupe vacciné et un groupe témoin ou pour un groupe vacciné avant et après la mise en place de la vaccination.

Dans notre essai, le nombre de traitements et l'infestation par les tiques (par le score d'infestation) ont été comparés sur le même groupe de bovins avant et après la vaccination. L'effet vaccinal sur la reproduction des tiques peut être comparé entre l'essai terrain et en stabulation réalisé en Nouvelle-Calédonie.

#### *(a) Nombre de traitements*

Dans la littérature, la réduction du nombre de traitements acaricides sur le terrain s'étend de 41,5 à 87% en appliquant uniquement une lutte vaccinale aux troupeaux (Rodriguez Valle et al., 2004 ; Suarez, 2016 ; Domínguez García et al., 2016 ; Fuente et al., 2007 ; Canales et al., 1997 ; Redondo, 1999 ; García-García et al., 2000). La réduction du nombre de traitements est plus importante dans la littérature avec la seule lutte vaccinale que dans notre essai mais il est difficile de trouver un protocole identique à notre essai. Ces études diffèrent en terme de races bovines, de système de production, de lieux, de temps d'application, de protocole de vaccination et/ou de nombre total de bovins vaccinés par rapport à notre essai. Le [Tableau 17](#) résume les différentes caractéristiques des essais étudiés.

#### *(i) Races bovines et système de production*

Dans notre essai, les races européennes ont été choisies pour leur sensibilité à la tique. Dans la littérature, la race européenne Holstein est citée (Rodriguez Valle et al., 2004). Toutefois, cette race laitière est élevée dans un système très différent de l'élevage extensif pratiqué dans nos élevages. Le vaccin pourrait avoir un effet plus important avec un élevage intensif car la rencontre entre la tique et le bovin est plus fréquente. L'effet vaccinal serait intensifié. Pour les races « résistantes aux tiques » à plus de 95% selon la nomenclature d'Utech (1978), l'utilisation d'un vaccin anti-tiques permet de lutter contre les infestations par les tiques sans avoir recours à des traitements acaricides (Frisch, 1999).

#### *(ii) Temps d'application du plan de lutte*

Il semblerait logique que l'efficacité vaccinale augmente avec le temps. Au fur et à mesure des générations de tiques, les populations de tiques dans les pâturages diminuent par l'impact du vaccin sur les capacités de reproduction des tiques. Au maximum, il y a 4 générations de tiques par an en Nouvelle-Calédonie (Hüe, 2019). A la fin de notre essai, plusieurs élevages ont eu une augmentation des intervalles entre deux traitements de 8 à 12 mois pour 4 éleveurs. Ainsi, il est intéressant de continuer à suivre les élevages de l'essai pour

observer l'évolution du nombre de traitements après la fin de l'enregistrement des données de l'essai. Une étude a obtenu une diminution de 87% du nombre de traitements acaricides au bout de 8 ans de vaccination de vaches Holsteins avec le vaccin Gavac ND (Rodriguez Valle et al., 2004).

### (iii) *Protocole de vaccination*

Les protocoles vaccinaux des vaccins commerciaux et du vaccin local calédonien sont différents. Pour le Gavac, il y a 3 injections de primovaccination (à  $t=0$ ,  $t=4$  semaines et  $t=7$  semaines) puis un rappel tous les 6 mois (Vargas et al., 2010). Pour le TickGard, il y a 2 injections de primovaccination à 1 mois d'intervalle et un rappel tous les 2 à 6 mois (Notice d'utilisation en [Annexe 4](#)). Dans notre essai, le vaccin à base de Bm86 local est utilisé avec 2 injections de primovaccination à 1 mois d'intervalle et un rappel tous les 6 mois. Ce protocole a été choisi pour diminuer la charge de travail des éleveurs et augmenter leur adhésion. Un nombre de primovaccination plus élevé et un rythme de rappel plus rapprochés auraient été des contraintes supplémentaires. Ainsi, le protocole le moins contraignant a été testé sur le terrain.

Toutefois, le nombre d'injections de primovaccination n'est pas établie pour les vaccins commerciaux. En effet, la primovaccination à 0 et 7 semaines et celle à 0, 7 et 17 semaines avec le vaccin TickGard ND permettent d'abaisser le nombre de tiques de façon identique par rapport à des bovins non vaccinés (Willadsen et al., 1995). La primovaccination à 0 et 4 semaines et celle à 0, 4 et 7 semaines avec le vaccin Gavac ND impactent de façon identique la capacité de reproduction des tiques, c'est-à-dire qu'il entraîne pour les deux protocoles une réduction du poids des tiques, du poids des pontes et de l'éclosion des oeufs de façon similaire (Vargas et al., 2010).

Pour les rappels de vaccination, les préconisations sont différentes. Les titres en anticorps ont été suivis après une injection de TickGard ND chez 8 races bovines. Pour certaines races, une vaccination tous les 2 mois est nécessaire pour maintenir un titre en anticorps satisfaisant pour la vaccination. Pour d'autres races, les titres en anticorps persistent plus longtemps (Willadsen et al., 1995). Ces races ne sont pas précisées dans la publication. Barré et Delathière (2010) préconisent un rappel tous les 3 mois pour le TickGard. Pour le Gavac, la revaccination tous les 6 mois est suffisante pour maintenir l'effet du vaccin (Rodríguez, Massard, et al., 1995). Dans l'essai étudié, un rappel de vaccination tous les 6 mois a été adopté pour tester l'efficacité de ce protocole qui abaisse la charge de travail de l'éleveur.

(iv) *Traitements acaricides systématiques*

Certains essais montrent une diminution du nombre de traitements avant et après vaccination très importante telle que 83,7% et 87% en respectivement 1,5 et 8 ans de lutte vaccinale avec le Gavac ND (Suarez, 2016; Rodriguez Valle et al., 2004). Toutefois, avant la vaccination ces éleveurs réalisaient des traitements systématiques (voir définition en I.C.1.c)(1) ). Dans les deux derniers essais cités, les éleveurs ont arrêté les traitements systématiques lors de la vaccination et ont dû traiter que lorsqu'ils voyaient un certain nombre de tiques. Ce changement de pratique augmente certainement encore la diminution du nombre de traitements. Dans notre étude, les éleveurs ne traitaient pas leurs animaux de façon systématique avant le début de l'essai.

**Tableau 17 : Comparaison des caractéristiques des différents essais terrain utilisant la vaccination avec notre essai**

Références	Vaccin	Protocole de vaccination (A,B,C)*1	Type d'élevage	Races	Localisation	Nombre bovins vaccinés	Temps d'application	Groupe témoin	Changement de stratégie de traitements	Diminution du nombre de tiques	Diminution du nombre de traitements (D, E, F)*6
Essai actuel 2017-2020	Bm86 de Nouvelle-Calédonie	A	Extensif	Limousine, Charolaise, Blonde d'Aquitaine	Nouvelle-Calédonie	1 400	18 mois	Non*3	Non	Non significatif	40,2% (D)
(Rodriguez Valle et al., 2004)	Gavac ND	B	Laitier	Holstein	Cuba	588 573	8 ans	Non *3	Oui*4	Non réalisé	87% (D)
(Suarez, 2016)	Gavac ND	B	Non précisé	Non précisée	Vénézuéla (18 états)	28727 suivis (1,9 millions en tout)	2 ans	Non	Oui*4	Non réalisé	83,7% (F)
(Fuente et al., 2007)	Gavac ND	B	Non précisé	Croisée	Mexique (Tamaulipas)	2 600	10 ans	Non	Oui *5	Non réalisé	67% (D)
(Redondo, 1999)	Gavac ND	B	Extensif	Croisé*2	Mexique (Tamaulipas)	800	8 mois	Oui (20 bovins)	Non	100%	70% (E)
(García-García et al., 2000)	Gavac ND et un vaccin à base de Bm95	C	Laitier	Non définie	Cuba (Pinard el Rio)	192 (Gavac) et 849 (Bm95)	6 mois (terrain)	Oui (193 bovins)	Non précisé	Non calculé	41,5% (Gavac/témoin) et 54,2 % (Bm95/témoin) (E)
(Fuente et al., 1998)	Gavac ND	B	Laitier	Croisée Holstein	Cuba	105 000 suivis (260 000 en tout)	18 mois	Non	Non précisé	Non réalisé	60% (D)
(Domínguez García et al., 2016)	Gavac ND	C	Extensif	Non définie	Mexique (Coyuca de Benítez)	587	Non précisé	Non	Non précisé	Non réalisé	80% (D)

\*1 Protocole de vaccination : A: Primovaccination à 0 et 5 semaines puis rappel tous les 6 mois, B : Primovaccination à 0, 4 et 7 semaines puis rappel tous les 6 mois, C : Primovaccination à 0 et 4 semaines

\*2 Croisée: Bos indicus avec respectivement du Simmental (45%), du Beefmaster (45%) et du Charolais (10%)

\*3 Présence d'un groupe de bovins non vaccinés dont l'évolution du nombre de traitements est comparé dans un deuxième temps (résultats non indiqués sur ce tableau)

\*4 Avant la vaccination, il y avait des traitements systématiques (intervalle de traitements défini quelque soit l'infestation)

\*5 Avant la vaccination, l'acaricide était réalisé quand le nombre de tiques gorgées était supérieur à 100 tiques/bovin et après vaccination, quand il était supérieur à 20 tiques/bovin

\*6 Les différentes comparaisons effectuées pour le paramètre nombre de traitements sont : D : Comparaison avant/après, E : Comparaison témoin/vaccinés, F : Comparaison entre un mode de traitements systématiques et après la vaccination

(b) *Scores d'infestation*

(i) *Interprétation mathématique*

Un modèle statistique a été établi et montre une augmentation de 34,5% du score d'infestation entre avant et après la mise en place du plan de lutte intégrée. Toutefois, la différence de score moyen est de 3,45 points, ce qui est peu. Ce paramètre n'a pas subi de changement important en ce qui concerne la charge parasitaire avant un traitement acaricide avant et après le plan de lutte intégrée.

(ii) *Difficulté de la récoltes des données*

Dans cette étude, 1387 scores d'infestation ont été mesurés. Des bovins ont pu réaliser plusieurs comptages à des dates différentes. Sur trois ans de suivi, 60 comptages distincts ont été réalisés soit 6,7 comptages en moyenne par élevage. Le manque de données peut s'expliquer par la difficulté de venir effectuer un comptage de tiques avant un traitement acaricide. En fin de suivi, peu de tiques ont été observées sur les bovins. Ainsi, à la fin de l'essai, le nombre de comptages a diminué en raison de la diminution du nombre de traitements acaricides. Entre juillet 2019 et juin 2020, les élevages 4, 6, 7 et 9 n'ont pas traité leurs animaux pendant 8 mois et plus. A la fin de l'enregistrement des données de l'essai, l'éleveur 7 n'avait pas traité son troupeau depuis août 2019.

(iii) *Intervalle de temps entre deux comptages*

Dans la littérature, l'utilisation des vaccins commerciaux entraîne une réduction du nombre de tiques gorgées sur les bovins vaccinés par rapport à une population témoin. Cette diminution varie de 56 à 100% selon les études (García-García et al., 2000 ; Jonsson et al., 2000 ; Willadsen et al., 1995 ; Rodríguez, Massard, et al., 1995 ; Rodríguez, Penichet, et al., 1995). Or, dans notre essai, une augmentation du score d'infestation de 34,5% est observée. Cette différence peut être expliquée par le fait que, dans les autres travaux de la littérature, les comptages sont effectués à intervalle de temps réguliers, toutes les semaines à tous les mois. Au contraire dans notre essai, les comptages ont été réalisés lors d'infestation nécessitant l'utilisation d'un traitement acaricide. Ce sont deux protocoles différents. Les élevages de l'essai ont éventuellement observé des tiques entre deux traitements acaricides mais elles étaient jugées trop peu importantes pour traiter le troupeau. Il n'y a pas eu de comptages lors de faibles infestations par les tiques alors que c'est le cas dans d'autres travaux de la littérature. D'un côté, des comptages planifiés aurait été plus faciles en terme d'organisation et aurait apporté plus d'informations à l'essai. De l'autre côté, cette contrainte aurait pu diminuer l'adhésion des éleveurs à l'essai et aurait nécessité plus de temps.

#### *(iv) Comptage autour du pic d'infestation*

Le but des comptages réalisés lors de l'essai est de suivre l'évolution de la charge parasitaire autour du pic d'infestation au cours du temps. Des charges parasitaires trop élevées peuvent entraîner la mort des bovins par spoliation sanguine (Barré, Delathière, 2010). Il est alors souhaitable d'obtenir la charge parasitaire la plus basse possible. C'est pour observer cela que les comptages ont été effectués lors d'infestations importantes uniquement. Toutefois, dans cet essai, le score d'infestation moyen sur la période mi 2019-mi 2020 est significativement plus élevé que le score d'infestation moyen sur la période mi 2017-mi 2018. L'évolution du nombre de points de score est peu importante en pratique. Cette augmentation pourrait être expliquée par le fait que les éleveurs ont un seuil de tolérance qui aurait évolué au fil des années (Partie II.A.3.b). Ainsi, les éleveurs toléreraient plus de tiques avant d'effectuer un traitement acaricide. Toutefois, le seuil de tolérance de traitement est assez subjectif et il est difficile de l'évaluer.

#### *(v) Système de comptage*

Dans la littérature, les comptages consistent à dénombrer les tiques gorgées de 4 à 8 mm sur un flanc (García-García et al., 2000 ; Jonsson et al., 2000 ; Willadsen et al., 1995 ; Rodríguez, Massard, et al., 1995 ; Rodríguez, Penichet, et al., 1995). Le nombre est multiplié certaines fois par deux. Dans notre essai, un score d'infestation a été calculé. Ce score est plus précis en matière d'infestation et est rapide. Cette méthode a été testée précédemment en Nouvelle-Calédonie et permet d'évaluer rapidement l'état d'infestation d'un bovin (Naves et al., 2016).

#### *(c) Performances de reproduction des tiques*

Le vaccin a un effet sur la reproduction des tiques. Il est intéressant de comparer l'impact du vaccin dans notre essai avec d'autres essais. L'essai du même vaccin en stabulation (Hüe et al., 2017) entre avril et juillet 2015 est très proche de notre essai (

Tableau 1818). Le ratio du poids d'une ponte sur le poids d'une femelle gorgée varie peu entre l'essai terrain (41.0%) et l'essai en stabulation (40,0%). Toutefois, le pourcentage de lésions hémorragiques est différent dans l'essai terrain (20,5%) et dans l'essai en stabulation (41,9%). Lorsque l'on compare les données des témoins de Hüe (2017) avec les données de notre essai, la réduction du poids des femelles gorgées sur des animaux vaccinés est en moyenne de 33.7% (Valeur  $p < 0.05$ ) et la réduction du poids des pontes de 50.0% (Valeur  $p < 0.05$ ). Mais il n'y a pas de différence significative pour le poids des femelles gorgées et pour le poids des pontes entre les élevages vaccinés de cet essai terrain et des élevages vaccinés en stabulation de Hüe (2017).

Lorsque l'on compare ces données avec d'autres essais utilisant différentes races bovines, le ratio du poids d'une ponte sur le poids d'une femelle gorgée varie. Pour la race Holstein, il est pour deux essais de 22,5 et 22% pour les vaccinés (Rodríguez et al., 1994 ; Jonsson et al., 2000) et de 40,6% pour des témoins (Jonsson et al., 2000). Pour des croisées *Bos taurus* avec du *Bos indicus*, le ratio du poids d'une ponte sur le poids d'une femelle gorgée est dans des essais de 43,2 et 50,8% pour les vaccinés et de 51,8% pour les témoins (Andreotti, 2006). Pour la race Charolaise, il est par exemple de 40,0% pour les vaccinés et de 56,4% pour les témoins (Hüe et al., 2017). Les variations du poids des femelles gorgées sur des animaux vaccinés peuvent être expliquées par la variation du volume de gorgement des tiques selon les races bovines. Wagland (1975) décrit que les tiques gorgées sur des Brahmans ont un poids moins important que celles gorgées sur des Hereford. Il y a alors une possible différence entre les ratios du poids des pontes sur le poids des femelles gorgées selon les races. La comparaison avec la littérature est donc compliquée car il faut des expériences de vaccination avec les races Limousine, Charolaise ou Blonde d'aquitaine.

Le pourcentage de lésions hémorragiques est de 41,9% des bovins de race charolaise (Hüe et al., 2017) et 88% pour des bovins de race Holstein (Rodríguez et al., 1994). Il est très différent des 20,5% obtenu dans notre essai.

**Tableau 18 : Données sur les performances de reproduction des tiques de l'essai comparé à un essai en stabulation**

Référence	Race	Bovins vaccinés ou témoins	Nombre de tiques	Poids d'une femelle gorgée (mg)	Poids d'une ponte (mg)	Ratio(poids ponte/Fg)*	Lésions hémorragiques
Essai actuel 2017-2020	Limousine, Charolaise ou Blonde d'aquitaine	Vaccinés Vaccin calédonien	358	137.7	58.7	41%	20,5%
(Hüe et al., 2017)	Charolaise	Témoins	392	207,8	117,3	56,4%	0,3%
(Hüe et al., 2017)	Charolaise	Vaccinés Vaccin calédonien	234	135,0	54,1	40,0%	41,9%
(Jonsson et al., 2000)	Holstein	Témoins	Max 400	167	68	40,6%	
(Jonsson et al., 2000)	Holstein	Vaccinés TickGard Plus ND	Max 400	142	32	22,5%	
(Rodríguez et al., 1994)	Holstein	Vaccinés Vaccin Bm86	2785	103	22,7	22%	88%
(Andreotti, 2006)	Croisés	Témoins	3081	226	117	51,8%	
(Andreotti, 2006)	Croisés	Vaccinés TickGard Plus ND	5650	196	85	43,2%	
(Andreotti, 2006)	Croisés	Vaccinés Gavac ND	3224	211	107	50,8%	

\*Ratio : poids des pontes sur poids des femelles gorgées

#### d) Réponse immunitaire

Dans notre essai, les anticorps sont dosés par un test ELISA indirect qui effectue un dosage de pourcentage d'inhibition de l'antigène Bm86. Les dosages des anticorps vaccinaux par pourcentage d'inhibition n'existent pas dans la littérature pour des essais de vaccin contre les tiques chez les bovins. Des niveaux d'efficacité sont connus pour le titrage direct des anticorps (Labarta et al., 1996 ; Vargas et al., 2010). Le suivi de la réponse immunitaire a été réalisé dans l'essai pour déceler s'il y avait une réponse immunitaire dans le cas où il n'y aurait pas eu de réponse clinique. Et donc la méthode n'a pas été choisie selon la littérature. Ainsi, les pourcentages d'inhibition ne peuvent être comparés avec la littérature mais il est possible d'observer la présence d'une réaction immunitaire.

#### e) Effets secondaires du vaccin

Les réactions cutanées secondaires à l'injection du vaccin sont communes. Lors de l'essai de 1999-2000 avec TickGard Plus ND (Barre et al., 2000), les 5 élevages vaccinés (de 52 à 160 têtes) ont développé des réactions secondaires sous forme de « nodules nécrotiques » de la taille d'une noix jusqu'à celle d'une mandarine. Ainsi, 20 à 30% du cheptel était touché

contre 46,6% dans notre essai. Willadsen (1995) indique la présence de réactions locales de tailles variables n'affectant pas les paramètres de croissance des animaux vaccinés sans indiquer un pourcentage d'apparition de ces lésions. Après la vaccination de 3500 bovins avec le vaccin TickGard, moins d'1% des bovins ont présenté une inflammation ou un écoulement au site d'injection du vaccin (Willadsen et al., 1995). Ce chiffre correspond au pourcentage de réactions de type abcès ou dépilations lorsque l'on retire les animaux croisés ou de type Brahman de notre essai. Les nodules peuvent persister quelques semaines à quelques mois lors de la vaccination avec le TickGard Plus ND (Barre et al., 2000). C'est aussi le cas dans notre essai.

De plus pour le vaccin commercial TickGard, à l'abattoir, les nodules induisaient des abcès et/ou des infiltrations nécrotiques et la lésion devait être parée (Barre et al., 2000). Aucun chiffres concernant ces saisies partielles pour l'essai de Barre (2000) n'est donné mais elles semblent en nombre plus important que celles décrites dans notre essai. Au contraire, avec le vaccin TickGard, Willadsen (1995) ne décrit aucune saisie partielle du fait de la vaccination.

Pendant l'essai de 1999-2000, les effets secondaires du vaccin n'étaient pas convenables aux yeux des éleveurs (Barre et al., 2000). Pendant notre essai, ces réactions cutanées ont suscité moins de rejets et tous les éleveurs veulent continuer la vaccination.

#### f) Satisfaction du plan de lutte de l'essai

Les temps de trajets ont été estimés avant et après la mise en place du plan de lutte et en moyenne, un gain de temps de 14% a été calculé. Il y a cependant trois élevages dont le gain de temps est négatif.

Toutefois, le gain de temps peut être sous-estimé pour certains élevages. Pour les élevages numéro 1, 2, 3, 5 et 9, la vaccination a été réalisée lors de rentrée de bétails organisée pour d'autres soins (pesée, triage, vaccination contre la leptospirose, ...).

Pour l'élevage 4, le traitement longue action n'a pas été réalisé au bon moment fin 2019 et n'a pas permis d'abaisser la pression parasitaire des parcelles correctement. De plus, un produit courte action périmé a été utilisé pendant cette période et a été inefficace. D'autres traitements ont donc été réalisés par la suite. Il y a donc eu plus de traitements acaricides que prévu pour le second semestre de 2019, ce qui explique ce gain de temps négatif.

#### g) Satisfaction du plan de lutte de l'essai

Dans notre essai, le plan de lutte est apprécié par les éleveurs avec une note moyenne de satisfaction de 4,1/5. L'adhésion des éleveurs est notable car ils veulent continuer ce plan

de lutte après la fin de l'essai. Néanmoins, dans les élevages où les animaux de races sensibles étaient mélangés avec des races génétiquement résistantes, la vaccination n'est plus souhaitée sur les races génétiquement résistantes. Pour l'éleveur de Brahman, les réactions secondaires sont plus importantes que sur les races bovines européennes. Pour l'éleveur de Belmont Red, la vaccination avait été effectuée que parce que ces vaches étaient mélangées avec les vaches de race européenne de l'essai mais elle n'est plus souhaitée par la suite.

### 3. Perspectives d'avenir du plan de lutte intégré

#### a) Difficulté de commercialisation du vaccin

Le vaccin TickGard ND a été commercialisé en Australie en 1994 mais suite à la restructuration des laboratoires producteurs, il a arrêté d'être produit et a perdu son marché. Ainsi, la demande en vaccin en Australie est trop faible pour relancer sa commercialisation (Fuente et al., 2007). Au vu de la faible production du vaccin utilisé dans notre essai, aucun laboratoire ne voudra le produire de façon commerciale et le produit n'aura pas d'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché). La production devra rester sous la forme expérimentale. Cela pose des problèmes d'ordre réglementaire qui doivent être réglés avant d'entreprendre une extension de ce plan de lutte à la Nouvelle-Calédonie.

Le vaccin a été produit en petites quantités pendant l'essai. Le conditionnement regroupe 50 doses soit dans un flacon de 100mL. Dans le cadre de l'essai, le vaccin a été confectionné en Australie. La production des antigènes Bm86 a été réalisée dans un laboratoire de Brisbane (University of Queensland) et le vaccin a été conditionné dans un deuxième laboratoire en Nouvelle-Galles du Sud (Tréidlia). Le prix du vaccin était de 500 fr CFP par dose (4,18 euros) pendant l'essai. L'adjuvant a été fourni gracieusement dans le cadre de cet essai mais il faudra inclure son coût à l'avenir.

#### b) Suivis des élevages vaccinés

Un suivi rapproché de l'élevage est nécessaire pour comprendre et s'approprier ce plan de lutte.

La mise en place de la lutte agropastorale demande un investissement financier et est longue à s'approprier à ses débuts. Ensuite, un suivi de 1 à 2 ans devra être assuré pour que l'éleveur comprenne bien le fonctionnement de cette lutte (Hüe, Fontfreyde, 2019). Il faut être rigoureux dans l'utilisation du calendrier de rotation, qui dans un premier temps doit être rempli soigneusement avant de comprendre et anticiper la présence des tiques, la gestion des ressources fourragères. Par la suite, cet outil est acquis et l'éleveur comprend et anticipe ces traitements acaricides.

A propos de la vaccination, le message essentiel à faire passer aux futurs utilisateurs est qu'il n'empêche pas la présence des tiques sur les bovins. Le but du vaccin est d'abaisser la population de tiques dans les pâturages à un niveau acceptable pour l'élevage bovin. Son effet sur la pression parasitaire des parcelles est perceptible sur le long terme. Ainsi, un élevage vacciné aura des tiques. Toutefois, la quantité de tiques devrait être réduite et l'éleveur n'aura pas à traiter à chaque observation de tiques.

Pour étendre le plan de lutte à d'autres élevages, le suivi doit être assuré pour obtenir des résultats.

### c) [Extension de ce plan de lutte à d'autres élevages calédoniens](#)

Les 9 élevages de cet essai représente un échantillon représentatif des élevages de races européennes pures recensés en 2017 (voir II.A.1). Peu de troupeaux sont conduits en races pures européennes mais ces races sont bien présentes dans les troupeaux calédoniens : 42% des femelles de plus de 30 mois identifiées par le GDS-A dont le type racial est défini sont des *Bos taurus* et 35% des cheptels en moyenne est composé de *Bos taurus* (GDSA, 2019). Il est donc possible d'élever des troupeaux de races pures européennes en région tropicale où les résistances des tiques aux acaricides est croissante. Le nombre de traitements acaricides est acceptable avec ce plan de lutte intégrée.

Ce plan de lutte pourrait être étendu à tout élevage en difficulté vis-à-vis de la gestion des tiques. Les résultats obtenus ici ne peuvent pas être extrapolés à des cheptels mixtes mais si la lutte agropastorale ne suffit pas à maintenir un nombre de traitements à un niveau acceptable, la vaccination pourrait être ajoutée au plan de lutte. De même, la vaccination seule pourrait être ajoutée à un plan de lutte contre les tiques avec ou sans la présence d'une lutte agropastorale. L'action du vaccin est présente chez tout type de races car les anticorps présents dans le sang entrent en contact avec la tique au moment du gorgement. Toutefois, selon notre étude, les effets secondaires pourraient varier selon les races bovines. Dans l'essai, l'élevage contenant des Brahmans et des Charbrais a présenté plus d'abcès ou de dépilations, qui sont les plus importantes réactions secondaires décrites dans cet essai. Néanmoins, l'élevage présentant des Belmonts Red dans son exploitation n'a pas présenté plus de réactions secondaires que la moyenne des autres élevages de l'essai. Il faudrait réaliser des études supplémentaires sur les réactions secondaires chez différentes races bovines présentes en Nouvelle-Calédonie. Dans la littérature, des bovins croisés sont souvent vaccinés (voir Tableau 17).

Les acteurs du monde professionnel bovin se concertent pour mettre en place légalement cette nouvelle option dans la lutte contre la tique proposée aux éleveurs calédoniens via la charte bovine, organisation regroupant différents acteurs du monde bovin calédonien. Les premières discussions ont eu lieu début septembre 2020 dans l'objectif d'importer des doses au premier semestre 2021 pour continuer la vaccination des bovins de l'essai. La première étape est d'autoriser de façon réglementaire l'utilisation du vaccin en Nouvelle-Calédonie. Ensuite, d'autres discussions s'intéresseront à l'attribution des rôles dans l'achat, le stockage, la distribution et l'application du vaccin en Nouvelle-Calédonie.

### III. Conclusion

Les races européennes *Bos taurus* telles que les races Charolaise, Limousine ou Blondes d'aquitaine ont un poids historique dans l'élevage bovin calédonien et ont des qualités importantes en termes de reproduction et de croissance. Depuis l'introduction de la tique *R. microplus* en Nouvelle-Calédonie en 1942, ces races ont subi de lourdes infestations quotidiennes et les traitements acaricides ont été suffisants pour maintenir cet élevage. Toutefois, le problème de la résistance des tiques aux acaricides apporte depuis une dizaine d'années une grande difficulté au maintien des races européennes bovines en Nouvelle-Calédonie.

Notre étude propose un plan de lutte intégrée qui permet l'élevage de races européennes dans une région tropicale soumise au développement de résistances aux acaricides. Une lutte vaccinale s'ajoute à la lutte agropastorale associée à une lutte chimique raisonnée déjà présente sur le territoire. Les élevages ont été suivis avant et après l'application du plan de lutte. Après 1,5 an de lutte intégrée, le nombre de traitements acaricides a été réduit de 40,2% en moyenne sur les 9 élevages suivis. D'autres paramètres de comparaisons tels les volumes de vente en Tactic ND, la pluviométrie permettent de conforter l'idée que le plan de lutte est le principal acteur de la diminution du nombre de traitements dans les élevages suivis. Une comparaison avec 3 élevages non vaccinés sur la même période de temps semble montrer que le plan de lutte intégrée entraîne une diminution plus importante du nombre de traitements acaricides par an. Toutefois, un nombre d'élevages plus conséquent doit être utilisé pour confirmer cette tendance.

La pression parasitaire a aussi été évaluée par un score d'infestation par les tiques qui est un comptage particulier et qui a été effectué avant un traitement acaricide. Le score d'infestation a augmenté en moyenne de 34,5% après 1,5 an de lutte intégrée. Ce score évalue la pression parasitaire avant un traitement acaricide mais l'évolution n'est que de 3,45 points, ce qui a peu d'impact réellement sur l'état parasitaire des animaux. De plus, les faibles infestations ne nécessitant pas de traitements chimiques ne sont pas dénombrées. Si les comptages avaient été réalisés à des intervalles de temps régulier, le résultat serait peut-être différent et comparable avec d'autres études.

Au bout de trois ans de suivis, les éleveurs s'estiment satisfaits du plan de lutte mis en place et sont prêts à le poursuivre. Il serait alors intéressant de suivre l'évolution du nombre de traitements pour observer s'il diminue encore au fil des années. La partie expérimentale s'achève donc et ce nouveau plan de lutte pourrait être proposé aux éleveurs calédoniens.

Toutefois, la composante vaccinale soulève des questions d'ordre réglementaire qui devront être discutées avant de s'intéresser à la commercialisation de ce vaccin en Nouvelle-Calédonie.

L'effet du vaccin est visible au niveau des tiques. En effet, les ratios du poids des pontes sur le poids des tiques sont très proches entre l'essai en stabulation et sur le terrain. Toutefois, le vaccin entraîne des effets secondaires cutanés locaux au point d'injection cutanée. Des nodules cutanés de 5 cm de diamètre en moyenne apparaissent après 46,6% des injections. Des saisies partielles de 1 à 5 kg ont affecté 6,5% des animaux envoyés à l'abattoir en raison de réactions inflammatoires locales et 61% des saisies ont concerné des bovins vaccinés dans les 2 mois précédents l'abattage. Ces effets sont compris et acceptés par les éleveurs.

Cet essai s'est effectué sur un petit échantillon de neuf élevages de races bovines européennes pures. La conduite de races pures européennes est plus rare qu'autrefois. Les troupeaux mixtes de *Bos taurus* et de *Bos indicus* sont majoritaires pour effectuer des croisements dont les produits ont des qualités à la fois de production et de résistance contre les tiques. Toutefois, des troupeaux de croisés et des troupeaux mixtes peuvent subir de grosses infestations nécessitant plusieurs traitements acaricides à l'année. Ce plan de lutte intégrée pourrait leur être proposé à l'avenir. Des essais vaccinaux sur des croisés et des races génétiquement résistantes sont conseillés afin d'évaluer les effets secondaires cutanés au point d'injection à ceux de l'essai.

## IV. Bibliographie

- ANDREOTTI, R., 2006. Performance of two Bm86 antigen vaccin formulation against tick using crossbreed bovines in stall test. In : *Revista Brasileira De Parasitologia Veterinaria = Brazilian Journal of Veterinary Parasitology: Orgao Oficial Do Colegio Brasileiro De Parasitologia Veterinaria*. septembre 2006. Vol. 15, n° 3, p. 97-100.
- BARRÉ, N., BIANCHI, M. et CHARDONNET, L., 2001. Role of Rusa deer *Cervus timorensis russa* in the cycle of the cattle tick *Boophilus microplus* in New Caledonia. In : *Experimental & Applied Acarology*. 2001. Vol. 25, n° 1, p. 79-96. DOI 10.1023/a:1010663814701.
- BARRE, N., BIANCHI, M. et COSTA, R., 2000. 2/00 : Résultats d'un essai du vaccin anti-Boophilus Tickgard plus (Hoechst-Roussel) en Nouvelle-Calédonie. Programme Elevage. Païta, Nouvelle-Calédonie. Institut Agronomique néo-Calédonien (IAC).
- BARRÉ, N et DELATHIÈRE, J-M, 2010. Stratégies de lutte contre la tique du bétail en Nouvelle-Calédonie - Synthèse des connaissances. 1ère. Païta, Nouvelle-Calédonie : IAC Editions. Etudes & Synthèses.
- BARRE, N. et UILENBERG, G., 2010. Propagation de parasites transportés avec leurs hôtes : cas exemplaires de deux espèces de tiques du bétail: -EN- -FR- Spread of parasites transported with their hosts: cas study of two new species of cattle tick -ES- Propagación de parásitos transportados con sus hospedadores: casos ejemplares de dos especies de garrapatas del ganado. In : *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*. 1 avril 2010. Vol. 29, n° 1, p. 135-147. DOI 10.20506/rst.29.1.1969.
- BARRÉ, N., HAPPOLD, J., DELATHIÈRE, J-M., DESOUTTER, D., SALERY, M., DE VOS, A., MARCHAL, C., PERROT, R., GRAILLES, M. et MORTELECQUE, A., 2011. A campaign to eradicate bovine babesiosis from New Caledonia. In : *Ticks and Tick-borne Diseases*. 1 mars 2011. Vol. 2, n° 1, p. 55-61. DOI 10.1016/j.ttbdis.2010.11.001.
- BENAVIDES, E., JIMENEZ CASTRO, P., BETANCUR, 2017. Efecto del uso de fluazurón para control de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos. In : *Revista MVZ Córdoba*. 25 mai 2017. Vol. 22, p. 6050. DOI 10.21897/rmvz.1075.
- BERGER, A., 2019. Enquête sur les pratiques d'élevage contre la Tique *Rhipicephalus microplus* en Nouvelle-Calédonie [en ligne]. other. S.l. : s.n. [Consulté le 21 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://oatao.univ-toulouse.fr/25771/>.
- BIANCHI, M. W. et BARRÉ, N., 2003. Factors affecting the detachment rhythm of engorged *Boophilus microplus* female ticks (Acari: Ixodidae) from Charolais steers in New Caledonia. In : *Veterinary Parasitology*. 2003. Vol. 112, n° 4, p. 325–336. DOI 10.1016/S0304-4017(02)00271-6.
- BIANCHI, M. W., BARRÉ, N. et MESSAD, S., 2003. Factors related to cattle infestation level and resistance to acaricides in *Boophilus microplus* tick populations in New Caledonia. In : *Veterinary Parasitology*. 28 février 2003. Vol. 112, n° 1-2, p. 75-89.
- BURROW, H. M., MANS, B. J., CARDOSO, F. F., BIRKETT, M. A., KOTZE, A. C., HAYES, B. J., MAPHOLI, N., DZAMA, K., MARUFU, M. C., GITHAKA, N. F. et DJIKENG, A., 2019. Towards a new phenotype for tick resistance in beef and dairy cattle : a review. In : *Animal Production Science*. 4 juillet 2019. Vol. 59, n° 8, p. 1401-1427.

CANALES, M., ENRÍQUEZ, A., RAMOS, E., CABRERA, D., DANDIE, H., SOTO, A., FALCÓN, V., RODRÍGUEZ, M. et DE LA FUENTE, J., 1997. Large-scale production in *Pichia pastoris* of the recombinant vaccine Gavac against cattle tick. In : *Vaccine*. mars 1997. Vol. 15, n° 4, p. 414-422. DOI 10.1016/s0264-410x(96)00192-2.

CHAMBRE D'AGRICULTURE NOUVELLE CALÉDONIE, 2019. La Calédonie Agricole Juin -Juillet 2019. La Calédonie Agricole. Juin-Juillet 2019. N° 167. 56

DAVAR, 2014. Bilan décennal : L'agriculture calédonienne de 2004 à 2013. In : DAVAR [en ligne]. 2014. [Consulté le 08/11/2020]. Disponible à l'adresse : [https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/lagriculture\\_caledonienne\\_de\\_2004\\_a\\_2013.pdf](https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/lagriculture_caledonienne_de_2004_a_2013.pdf).

DAVAR, 2019. Mémento agricole- Données 2018. In : DAVAR [en ligne]. 2019. [Consulté le 08/11/2020]. Disponible à l'adresse : [https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/memento\\_agricole\\_2018.pdf](https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/memento_agricole_2018.pdf)

DAVAR, 2020a. Synthèse des activités agricoles de l'année 2019. In : DAVAR [en ligne]. 2020. [Consulté le 08/11/2020]. Disponible à l'adresse : [https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/synthese\\_annee\\_2019.pdf](https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/synthese_annee_2019.pdf)

DAVAR, 2020b. Documents | Direction des Affaires Vétérinaires Alimentaires et Rurales. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 24 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://davar.gouv.nc/documents>.

DAVAR, 2020c. Mémento agricole- Données 2019. In : DAVAR [en ligne]. 2020. [Consulté le 08/11/2020]. Disponible à l'adresse : [https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/memento\\_agricole\\_2019.pdf](https://davar.gouv.nc/sites/default/files/atoms/files/memento_agricole_2019.pdf)

DAVAR et ISEE, 2012. Le recensement général de l'agriculture. In : *Direction des Affaires Vétérinaires Alimentaires et Rurales* [en ligne]. 2012. Disponible à l'adresse : <https://davar.gouv.nc/secteur-rural-statistiques-agricoles/le-recensement-generalde->.

DAVEY, R. B., AHRENS, E. H. et GEORGE, J. E., 1984. Efficacy of sprays of amitraz against *Boophilus* ticks on cattle. In : *Preventive Veterinary Medicine*. 1 juillet 1984. Vol. 2, n° 5, p. 691-698. DOI 10.1016/0167-5877(84)90014-X.

DAVEY, R. B., COOKSEY, L. M. et DESPINS, J. L., 1991. Survival of larvae of *Boophilus annulatus*, *Boophilus microplus*, and *Boophilus hybrids* (Acari: Ixodidae) in different temperature and humidity regimes in the laboratory. In : *Veterinary Parasitology*. novembre 1991. Vol. 40, n° 3-4, p. 305-313. DOI 10.1016/0304-4017(91)90110-h.

DAVEY, R.B., POUND, J. M., MILLER, J. A. et KLAVONS, J.A., 2010. Therapeutic and persistent efficacy of a long-acting (LA) formulation of ivermectin against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) and sera concentration through time in treated cattle. In : *Veterinary Parasitology*. 19 avril 2010. Vol. 169, n° 1-2, p. 149-156. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.12.040.

DAYNES, P. et GUTIERREZ, J., 1980. Variations saisonnières de l'activité parasitaire de la tique du bétail *Boophilus microplus* (Acari, Ixodidae) en Nouvelle-Calédonie. In : *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 1980. Vol. 33, n° 3, p. 305-310.

DE LA FUENTE, J., RODRÍGUEZ, M., MONTERO, C., REDONDO, M., GARCÍA-GARCÍA, J. C., MÉNDEZ, L., SERRANO, E., VALDÉS, M., ENRÍQUEZ, A., CANALES, M., RAMOS, E., BOUÉ, O., MACHADO, H. et LLEONART, R., 1999. Vaccination against ticks (*Boophilus spp.*): the experience with the Bm86-based vaccine Gavac. In : *Genetic Analysis: Biomolecular Engineering*. novembre 1999. Vol. 15, n° 3-5, p. 143-148. DOI 10.1016/s1050-3862(99)00018-2.

DE MEEÛS, T., KOFFI, B. B., BARRÉ, N., DE GARINE-WICHATITSKY, M. et CHEVILLON, C., 2010. Swift sympatric adaptation of a species of cattle tick to a new deer host in New Caledonia. In : *Infection, Genetics and Evolution: Journal of Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics in Infectious Diseases*. octobre 2010. Vol. 10, n° 7, p. 976-983. DOI 10.1016/j.meegid.2010.06.005.

DEPARTEMENT OF AGRICULTURE, 1976. Ticks of veterinary importance [en ligne]. Washington, DC. US : s.n. [Consulté le 08/11/2020]. Disponible à l'adresse : <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87208761/PDF>.

DESQUESNES, M, 1988. *Boophilus microplus*, biologie et modes de lutte, applications à la Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat vétérinaire. Créteil : La faculté de médecine de Créteil.

DESQUESNES, M et VIGNON, L, 1987. Une Etude préliminaire pour associer la rotation des pâtures à la lutte contre *Boophilus microplus* en Nouvelle-Calédonie. *Revue Elevage et Médecine Vétérinaire en Nouvelle-Calédonie*. 10

DESQUESNES, Marc et VIGNON, L., 1987. Essai d'un vaccin contre la tique du bétail : *Boophilus microplus*. In : *Bulletin de Liaison et d'Information - Union Néo-Calédonienne de Sélection et de Promotion des Races Bovines* [en ligne]. 1987. [Consulté le 15 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://agritrop.cirad.fr/395889/>.

DOMÍNGUEZ GARCÍA, D. I., AGATÓN, F. T et ROSARIO-CRUZ, R., 2016. Evaluación económica del control de garrapatas *Rhipicephalus microplus* en México / Economic evaluation of tick (*Rhipicephalus microplus*) control in Mexico. In : *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 21 mars 2016. Vol. 5, n° 9, p. 43-52.

DUBOIS, 1984. An outline of cattle production in New Caledonia. In : *Rev. Elev. Méd. Vét. Nouv.-Calédonie*. 1984. Vol. 2, p. 43-58.

ESTRADA-PEÑA, A., VENZAL, J. M., NAVA, S., MANGOLD, A., GUGLIELMONE, A. A., LABRUNA, M. B. et DE LA FUENTE, J., 2012. Reinstatement of *Rhipicephalus (Boophilus) australis* (Acari: Ixodidae) with redescription of the adult and larval stages. In : *Journal of Medical Entomology*. juillet 2012. Vol. 49, n° 4, p. 794-802.

FRISCH, J. E., 1999. Towards a permanent solution for controlling cattle ticks. In : *International Journal for Parasitology*. janvier 1999. Vol. 29, n° 1, p. 57-71; discussion 73-75. DOI 10.1016/s0020-7519(98)00177-5.

FRISCH, J. E. et O'NEILL, C. J., 1998. Comparative evaluation of beef cattle breeds of African, European and Indian origins. 2. Resistance to cattle ticks and gastrointestinal nematodes. In : *Animal Science*. août 1998. Vol. 67, n° 1, p. 39-48. DOI 10.1017/S1357729800009772.

- FRISCH, J. E., O'NEILL, C. J. et KELLY, M. J., 2000. Using genetics to control cattle parasites-the Rockhampton experience. In : *International Journal for Parasitology*. mars 2000. Vol. 30, n° 3, p. 253-264. DOI 10.1016/s0020-7519(00)00010-2.
- FUENTE, J. de la, ALMAZÁN, C., CANALES, M., LASTRA, J.M.P. de la, KOCAN, K. M. et WILLADSEN, P., 2007. A ten-year review of commercial vaccine performance for control of tick infestations on cattle. In : *Animal Health Research Reviews*. juin 2007. Vol. 8, n° 1, p. 23-28. DOI 10.1017/S1466252307001193.
- FUENTE, RODRIGUEZ, REDONDO, MONTERO, GARCÍA-GARCÍA et MENDEZ, 1998. Field studies and cost-effectiveness analysis of vaccination with Gavac™ against the cattle tick *Boophilus microplus* - ScienceDirect. In : [en ligne]. 1998. [Consulté le 11 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X97002089>.
- GARCÍA-GARCÍA, J. C., GONZALEZ, I. L., GONZÁLEZ, D. M., VALDÉS, M., MÉNDEZ, L., LAMBERTI, J., D'AGOSTINO, B., CITRONI, D., FRAGOSO, H., ORTIZ, M., RODRÍGUEZ, M. et DE LA FUENTE, J., 1999. Sequence variations in the *Boophilus microplus* Bm86 locus and implications for immunoprotection in cattle vaccinated with this antigen. In : *Experimental & Applied Acarology*. novembre 1999. Vol. 23, n° 11, p. 883-895. DOI 10.1023/a:1006270615158.
- GARCÍA-GARCÍA, J. C., MONTERO, C., REDONDO, M., VARGAS, M., CANALES, M., BOUE, O., RODRÍGUEZ, M., JOGLAR, M., MACHADO, H., GONZÁLEZ, I. L., VALDÉS, M., MÉNDEZ, L. et DE LA FUENTE, J., 2000. Control of ticks resistant to immunization with Bm86 in cattle vaccinated with the recombinant antigen Bm95 isolated from the cattle tick, *Boophilus microplus*. In : *Vaccine*. 28 avril 2000. Vol. 18, n° 21, p. 2275-2287. DOI 10.1016/s0264-410x(99)00548-4.
- GAU, D., 2000. *Boophilus microplus* : Infestation des pâturages de Nouvelle-Calédonie par la tique du bétail. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon : ISARA.
- GDSA, 2019. Synthèse 2010-2018, Elevages bovins lutte contre la tique [en ligne]. In : GDSA. [Consulté le 08/11/2020]. Disponible à l'adresse : [https://nouvelle-caledonie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Outre-Mer/134\\_Inst-Nouvelle-Caledonie/Actualites/2020/3\\_volets\\_GDS-A\\_\\_1\\_.pdf](https://nouvelle-caledonie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Outre-Mer/134_Inst-Nouvelle-Caledonie/Actualites/2020/3_volets_GDS-A__1_.pdf).
- GOMES, L.V.C., LOPES, W. D.Z., CRUZ, B. C., TEIXEIRA, W.F. FELIPPELLI, G., MACIEL, W. G., BICHUETTE, M. A., RUIVO, M. A., ALCANTARA COLLI, M. H., CARVALHO, R. S., MARTINEZ, A. C., SOARES, V. E. et DA COSTA, A. J., 2015. Acaricidal effects of fluazuron (2.5 mg/kg) and a combination of fluazuron (1.6 mg/kg) + ivermectin (0.63 mg/kg), administered at different routes, against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* parasitizing cattle. In : *Experimental Parasitology*. juin 2015. Vol. 153, p. 22-28. DOI 10.1016/j.exppara.2015.02.004.
- HARLEY, K. L. S. et WILKINSON, P. R., 1964. A comparison of cattle tick control by « conventional » acaricidal treatment, planned dipping, and pasture spelling. In : *Australian Journal of Agricultural Research*. 1964. Vol. 15, n° 5, p. 841-853. DOI 10.1071/ar9640841.
- HASSAN, S. M., DIPEOLU, O. O., AMOO, A. O. et ODHIAMBO, T. R., 1991. Predation on livestock ticks by chickens. In : *Veterinary Parasitology*. mars 1991. Vol. 38, n° 2-3, p. 199-204. DOI 10.1016/0304-4017(91)90129-j.

HUE, T., 2014. IAC - Rapport de synthèse bibliographique. In : *Institut agronomique calédonien* [en ligne]. 2014. [Consulté le 27 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.iac.nc/derniers-documents-disponible/279-resistance-a-la-tique-rhipicephalus-microplus-des-races-bovines-presentes-ou-en-vue-d-introduction-en-nouvelle-caledonie>.

HÜE, T., 2019. La tique du bétail en Nouvelle-Calédonie : synthèse sur 75 ans de présence et 60 ans de recherche. Une histoire locale pour un enseignement global. In : *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 7 octobre 2019. Vol. 72, n° 3, p. 123-132. DOI 10.19182/remvt.31781.

HÜE, T. et FONTFREYDE, C., 2019. Development of a new approach of pasture management to control *Rhipicephalus microplus* infestation. In : *Tropical Animal Health and Production*. septembre 2019. Vol. 51, n° 7, p. 1989-1995. DOI 10.1007/s11250-019-01899-x.

HÜE, T., PETERMANN, J., BONNEFOND, R., MERMOUD, I., RANTOEN, D. et VUOCOLO, T., 2017. Experimental efficacy of a vaccine against *Rhipicephalus australis*. In : *Experimental & Applied Acarology*. octobre 2017. Vol. 73, n° 2, p. 245-256. DOI 10.1007/s10493-017-0184-0.

HUE, T., PETERMANN, J., HURLIN, J.-C., GAIA, H. et CAUQUIL, L., 2016. Etat des lieux des résistances de la tique du bétail *Rhipicephalus (Boophilus) microplus (Canestrini)* à la deltaméthrine, l'amitrazé et la moxidectine en Nouvelle-Calédonie : quelles perspectives de lutte ? In : *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*. 9 mai 2016. Vol. 68, p. 167. DOI 10.19182/remvt.31164.

IBANEZ, 2012. (PDF) Rainforest and savanna dynamics in response to fires in New Caledonia. In : [en ligne]. 2012. [Consulté le 10 août 2020]. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/publication/278638456\\_Rainforest\\_and\\_savanna\\_dynamics\\_in\\_response\\_to\\_fires\\_in\\_New\\_Caledonia](https://www.researchgate.net/publication/278638456_Rainforest_and_savanna_dynamics_in_response_to_fires_in_New_Caledonia).

IBELLI, A. M. G., RIBEIRO, A. R. B., GIGLIOTI, R., REGITANO, L. C. A., ALENCAR, M. M., CHAGAS, A. C. S., PAÇO, A. L., OLIVEIRA, H. N., DUARTE, J. M. S. et OLIVEIRA, M. C. S., 2012. Resistance of cattle of various genetic groups to the tick *Rhipicephalus microplus* and the relationship with coat traits. In : *Veterinary Parasitology*. 25 mai 2012. Vol. 186, n° 3-4, p. 425-430. DOI 10.1016/j.vetpar.2011.11.019.

ISEE, 2020. ISEE - Structure de la population et évolutions. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 16 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.isee.nc/population/recensement/structure-de-la-population-et-evolutions>.

JONSSON, N. N., MATSCHOSS, A. L., PEPPER, P., GREEN, P. E., ALBRECHT, M. S., HUNGERFORD, J. et ANSELL, J., 2000. Evaluation of tickGARD(PLUS), a novel vaccine against *Boophilus microplus*, in lactating Holstein-Friesian cows. In : *Veterinary Parasitology*. 1 mars 2000. Vol. 88, n° 3-4, p. 275-285. DOI 10.1016/s0304-4017(99)00213-7.

JONSSON, N. N., MAYER, D. G., MATSCHOSS, A. L., GREEN, P. E. et ANSELL, J., 1998. Production effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation of high yielding dairy cows. In : *Veterinary Parasitology*. 17 juillet 1998. Vol. 78, n° 1, p. 65-77. DOI 10.1016/s0304-4017(98)00118-6.

- KIKI-MVOUAKA, 2009. Role de la P-glycoprotéine dans le devenir des lactones macrocycliques antiparasitaire chez l'animal. Thèse en doctorat en Pharmacologie toxicologie. Toulouse : UP3, 2009.
- KUNZ, S.e et KEMP, D.h, 1994. Insecticides and acaricides : resistance and environmental impact. In : . janvier 1994. Vol. 13, n° 4, p. 1249-1286.
- LABARTA, V., RODRÍGUEZ, M., PENICHET, M., LLEONART, R., LORENZO LUACES, L. et DE LA FUENTE, J., 1996. Simulation of control strategies for the cattle tick *Boophilus microplus* employing vaccination with a recombinant Bm86 antigen preparation. In : *Veterinary Parasitology*. 1 mai 1996. Vol. 63, n° 1, p. 131-160. DOI 10.1016/0304-4017(95)00855-1.
- LEAL, B., THOMAS, D.B. et DEARTH, R. K., 2018. Population Dynamics of Off-Host *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) Larvae in Response to Habitat and Seasonality in South Texas. In : *Veterinary Sciences* [en ligne]. 23 mars 2018. Vol. 5, n° 2. [Consulté le 7 mai 2020]. DOI 10.3390/vetsci5020033. Disponible à l'adresse : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6024560/>.
- LEWIS, I. J., 1970. Observations on the dispersal of larvae of the cattle tick *Boophilus microplus* (Can.). In : *Bulletin of Entomological Research*. avril 1970. Vol. 59, n° 4, p. 595-604. DOI 10.1017/S0007485300003588.
- MÉTÉO FRANCE, 2020. Météo Nouvelle-Calédonie - Bulletins climatiques. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 16 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.meteo.nc/nouvelle-caledonie/climat/bulletins-climatiques>.
- METRAL, 2015. *Participation à la mise en place d'un système de maîtrise sanitaire bovin en Nouvelle-Calédonie* [en ligne]. Thèse en doctorat vétérinaire : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse- ENVT. [Consulté le 31 octobre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://oatao.univ-toulouse.fr/14158/>.
- MILLER, DAVEY et GEORGE, John E., 2002. Modification of the food and agriculture organization larval packet test to measure amitraz-susceptibility against ixodidae. In : *Journal of Medical Entomology*. juillet 2002. Vol. 39, n° 4, p. 645-651. DOI 10.1603/0022-2585-39.4.645.
- NAVES, M., HÜE, T. et CAMOIN, M., 2016. Évaluation de l'infestation par la tique *Rhipicephalus microplus* chez les bovins en Nouvelle Calédonie [en ligne]. S.l. : s.n. [Consulté le 6 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01602323>.
- NICARETTA, J.E., DOS SANTOS, J.B., COUTO, L. F.M., HELLER, L.M., CRUVINEL, L.B., DE MELO JÚNIOR, R.D., DE ASSIS CAVALCANTE, A.S., ZAPA, D.M. B., FERREIRA, L.L., DE OLIVEIRA MONTEIRO, C.M., SOARES, V.E. et LOPES, W.D.Z., 2020. Evaluation of rotational grazing as a control strategy for *Rhipicephalus microplus* in a tropical region. In : *Research in Veterinary Science*. 1 août 2020. Vol. 131, p. 92-97. DOI 10.1016/j.rvsc.2020.04.006.
- PETERMANN, J., CAUQUIL, L., HURLIN, J. C., GAIA, H. et HÜE, T., 2016. Survey of cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, resistance to amitraz and deltamethrin in New Caledonia. In : *Veterinary Parasitology*. 2016. Vol. 217, p. 64–70. DOI 10.1016/j.vetpar.2015.12.010.

PETERMANN, J., BONNEFOND, R., MERMOUD, I., RANTOEN, D., MEYNARD, L., MUNRO, C., LUA, L. H. L. et HÜE, T., 2017. Evaluation of three adjuvants with respect to both adverse effects and the efficacy of antibody production to the Bm86 protein. In : *Experimental and Applied Acarology*. 2017. DOI 10.1007/s10493-017-0156-4.

REDONDO, 1999. Integrated Control of Acaricide-Resistant *Boophilus Microplus* Populations on Grazing Cattle in Mexico Using Vaccination with Gavac™ and Amidine Treatments | SpringerLink. In : *Experimental and Applied Acarology* [en ligne]. 1999. [Consulté le 19 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1015925616490>.

RODRÍGUEZ, M., RUBIERA, R., PENICHER, M., MONTESINOS, R., CREMATA, J., FALCÓN, V., SÁNCHEZ, G., BRINGAS, R., CORDOVÉS, C. et VALDÉS, M., 1994. High level expression of the *B. microplus* Bm86 antigen in the yeast *Pichia pastoris* forming highly immunogenic particles for cattle. In : *Journal of Biotechnology*. 31 mars 1994. Vol. 33, n° 2, p. 135-146. DOI 10.1016/0168-1656(94)90106-6.

RODRÍGUEZ, MASSARD, DA FONSECA, RAMOS, MACHADO, LABARTA et DE LA FUENTE, J., 1995. Effect of vaccination with a recombinant Bm86 antigen preparation on natural infestations of *Boophilus microplus* in grazing dairy and beef pure and cross-bred cattle in Brazil. In : *Vaccine*. décembre 1995. Vol. 13, n° 18, p. 1804-1808. DOI 10.1016/0264-410x(95)00119-1.

RODRÍGUEZ, PENICHER, MOURIS, LABARTA, LORENZO LUACES, L., RUBIERA, CORDOVÉS, SÁNCHEZ, RAMOS, SOTO, CANALES, PALENZUELA, TRIGUERO, LLEONART, HERRERA et DE LA FUENTE, 1995. Control of *Boophilus microplus* populations in grazing cattle vaccinated with a recombinant Bm86 antigen preparation. In : *Veterinary Parasitology*. avril 1995. Vol. 57, n° 4, p. 339-349. DOI 10.1016/0304-4017(94)00678-6.

RODRIGUEZ VALLE, M., MENDEZ - PEREZ, L., VALDEZ, M., REDONDO, M., MONTERO, C., VARGAS, M., LLEONART, R., BARRIOS, H., SEOANE, G., RAMIREZ, E., BOUE, O., VIGIL, J., MACHADO, H., BORROTO, C. et PIÑEIRO, M., 2004. Integrated control of *Boophilus microplus* ticks in Cuba based on vaccination with the anti-tick vaccine Gavac TM. In : *Experimental & applied acarology*. 1 février 2004. Vol. 34, p. 375-82. DOI 10.1023/B:APPA.0000049223.92326.02.

RODRIGUEZ-VIVAS, R. I., TREES, A. J., ROSADO-AGUILAR, J. A., VILLEGAS-PEREZ, S. L. et HODGKINSON, J. E., 2011. Evolution of acaricide resistance: phenotypic and genotypic changes in field populations of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in response to pyrethroid selection pressure. In : *International Journal for Parasitology*. juillet 2011. Vol. 41, n° 8, p. 895-903. DOI 10.1016/j.ijpara.2011.03.012.

RODRIGUEZ-VIVAS, R. I., JONSSON, N. N. et BHUSHAN, C., 2018. Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. In : *Parasitology Research*. 2018. Vol. 117, n° 1, p. 3-29. DOI 10.1007/s00436-017-5677-6.

SALAS, M, CORNIAUX, C., DESVALS, L., DULIEU, D., GRIMAUD, P., HOUCROT, A. et TOUTAIN, B., 1994. Caractéristiques et valeurs alimentaires des fourrages de Nouvelle-Caledonie. [en ligne]. Montpellier : CIRAD-EMVT. Disponible à l'adresse : [http://publications.cirad.fr/une\\_notice.php?dk=312124](http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=312124).

- SHYMA, K. P., GUPTA, Jay Prakash et SINGH, Veer, 2015. Breeding strategies for tick resistance in tropical cattle: a sustainable approach for tick control. In : *Journal of Parasitic Diseases: Official Organ of the Indian Society for Parasitology*. mars 2015. Vol. 39, n° 1, p. 1-6. DOI 10.1007/s12639-013-0294-5.
- STONE et HAYDOCK, 1962. A method for measuring the acaricide-susceptibility of the cattle tick *Boophilus microplus* (Can.). In : *Bulletin of Entomological Research*. octobre 1962. Vol. 53, n° 3, p. 563-578. DOI 10.1017/S000748530004832X.
- SUAREZ, 2016. High impact and effectiveness of Gavac<sup>TM</sup> vaccine in the national program for control of bovine ticks *Rhipicephalus microplus* in Venezuela | Request PDF. In : *Livestock Science* [en ligne]. 2016. n° 187. [Consulté le 19 août 2020]. DOI 10.1016/j.livsci.2016.02.005. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/publication/295247950\\_High\\_impact\\_and\\_effectiveness\\_of\\_Gavac\\_vaccine\\_in\\_the\\_national\\_program\\_for\\_control\\_of\\_bovine\\_ticks\\_Rhipicephalus\\_microplus\\_in\\_Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/295247950_High_impact_and_effectiveness_of_Gavac_vaccine_in_the_national_program_for_control_of_bovine_ticks_Rhipicephalus_microplus_in_Venezuela).
- SUTHERST, MAYWALD, KERR et STEGEMAN, 1983. The effect of cattle tick (*Boophilus microplus*) on the growth of *Bos indicus* × *B. taurus* steers. In : *Australian Journal of Agricultural Research*. 1983. Vol. 34, n° 3, p. 317-327. DOI 10.1071/ar9830317.
- SUTHERST, MAYWALD, STEGEMAN et KERR, 1983. The effect of season and nutrition on the resistance of cattle to the tick *Boophilus microplus*. In : *Australian Journal of Agricultural Research* [en ligne]. 1983. [Consulté le 5 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AU19840112874>.
- SUTHERST, R. W., DALLWITZ, M. J., UTECH, K. B. W. et KERR, J. D., 1978. Aspects of Host Finding by the Cattle Tick, *Boophilus microplus*. In : *Australian Journal of Zoology*. 1978. Vol. 26, n° 1, p. 159-174. DOI 10.1071/zo9780159.
- SUTHERST, R. W., MAYWALD, G. F., BOURNE, A. S., SUTHERLAND, I. D. et STEGEMAN, D. A., 1988. Ecology of the cattle tick (*Boophilus microplus*) in subtropical Australia. II. Resistance of different breeds of cattle. In : *Australian Journal of Agricultural Research*. 1988. Vol. 39, n° 2, p. 299-308. DOI 10.1071/ar9880299.
- TELLAM, SMITH, KEMP et WILLDASEN, 1992. *Vaccination against ticks*. [en ligne]. S.l. : s.n. [Consulté le 4 novembre 2020]. ISBN 978-0-8493-6843-1. Disponible à l'adresse : <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19930038942>
- THULLNER, F. et BARRÉ, N., 1996. La lutte contre la tique du bétail en Nouvelle Calédonie : quelle stratégie pour l'an 2000 ? Rapport de mission en Nouvelle Calédonie du 15 au 22 janvier 1996. In : [en ligne]. 1996. [Consulté le 12 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://agritrop.cirad.fr/327253/>. Nouvelle-Calédonie
- THULLNER, F., WILLADSEN, P. et KEMP, D., 2007. Acaricide rotation strategy for managing resistance in the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acarina: Ixodidae): laboratory experiment with a field strain from Costa Rica. In : *Journal of Medical Entomology*. septembre 2007. Vol. 44, n° 5, p. 817-821. DOI 10.1603/0022-2585(2007)44[817:arsfmr]2.0.co;2.
- UCS, [sans date]. Les races et herdbooks. In : *UCS* [en ligne]. [Consulté le 29 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://ucs.nc/bovine/les-races/>.

UTECH, K. B. W., R.H, Wharton et J.D, Kerr, 1978. Resistance to *Boophilus microplus* (*Canestrini*) in different breeds of cattle. In : *Australian Journal of Agricultural Research* [en ligne]. 1978. [Consulté le 12 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AU19790404313>.

VARGAS, MONTERO, SÁNCHEZ, PÉREZ, VALDÉS, ALFONSO, JOGLAR, MACHADO, RODRÍGUEZ, MÉNDEZ, LLEONART, SUÁREZ, FERNÁNDEZ, ESTRADA, RODRÍGUEZ-MALLÓN et FARNÓS, 2010. Two initial vaccinations with the Bm86-based Gavacplus vaccine against *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* induce similar reproductive suppression to three initial vaccinations under production conditions. In : *BMC veterinary research*. 16 septembre 2010. Vol. 6, p. 43. DOI 10.1186/1746-6148-6-43.

WAGLAND, B. M., 1975. Host resistance to cattle tick (*Boophilus microplus*) in Brahman (*Bos indicus*) cattle. I. Responses of previously unexposed cattle to four infestations with 20,000 larvae. In : *Australian Journal of Agricultural Research*. 1975. Vol. 26, n° 6, p. 1073-1080. DOI 10.1071/ar9751073.

WILLADSEN, 2008. *The development of a new or improved vaccine against Boophilus microplus : opportunities for R&D investment* [en ligne]. Final report. S.l. CSIRO Livestock Industries. Meat & Livestock Australia Limited. Disponible à l'adresse : ISBN: 9781 7419 1 2616.

WILLADSEN, P., BIRD, P., COBON, G. S. et HUNGERFORD, J., 1995. Commercialisation of a recombinant vaccine against *Boophilus microplus*. In : *Parasitology*. mars 1995. Vol. 110, n° S1, p. S43-S50. DOI 10.1017/S0031182000001487.

## Annexes

### Annexe 1: Exemple d'un calendrier de rotation ; (a) Présentation

Description générale : Sur cet exemple théorique, les rotations de parcelles s'effectuent sur 6 parcelles (P1 à P6) avec un seul troupeau de bovins. Pour chaque parcelle, il y a 3 lignes :

-La première ligne (**A**) correspond à la présence (cases colorées en marron foncé) ou l'absence (cases vides) du troupeau sur la parcelle. Ainsi, on peut suivre les mouvements du troupeau entre les différentes parcelles. Lorsqu'il y a plusieurs troupeaux dans le même élevage, il y a plusieurs couleurs qui les différencient dans les lignes A des parcelles. Ici, il n'y a qu'un seul troupeau. Lorsqu'un troupeau est sur plusieurs parcelles en même temps, les lignes A des parcelles occupées seront colorées sur le calendrier. C'est le cas des parcelles P4 et P5 occupées en même temps du 29 mars au 14 avril.

-La deuxième ligne (**B**) correspond aux traitements réalisés sur les cheptels (barre bleue), à la date d'infestation par les larves infestantes (barre noire) et à d'autres observations (gyrobroyage, ...). Les traitements indiqués en bleu sont par défaut des traitements à l'amitrazé. Les notes indiquent si ce sont d'autres traitements. Les dates des traitements sont indiquées en plus sur des tableaux sur la droite pour plus de visibilité (**D**). Lorsque des tiques sont observées ou si un traitement est réalisé, l'infestation par les tiques (barre noire sur la ligne B de la parcelle nouvellement contaminée) est indiquée 3 semaines avant de façon conventionnelle. Ce n'est pas forcément la date d'infestation réelle. En effet, si les tiques sont gorgées, les larves ont préférentiellement rencontré les bovins 3 semaines avant mais s'il s'agit de nymphes ou de jeunes tiques adultes, l'infestation a certainement eu lieu 2 semaines avant.

-La troisième ligne (**C**) correspond à la présence des œufs (couleur orange) et larves (couleur jaune) de tiques dans les parcelles. Lorsqu'une parcelle contient les bovins avec les tiques, ceux-ci sont susceptibles de tomber sur le sol et de produire des œufs puis des larves sur cette même parcelle. Ainsi, les présences d'œufs et de larves sont indiquées sur la parcelle contaminée automatiquement selon la période de l'année (variant de 1.5 à 2.5 mois chacun selon Desquesnes, L Vignon (1987), voir la partie B)2) ).

(a)

CALENDRIER DE ROTATION											
MOIS	MARS						AVRIL				
N° ou nom de la parcelle	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15
P1											
P2											
P3											
P4											
P5											
P6											

(b)

### (b) Explications

Les éleveurs peuvent se servir du calendrier de rotations pour déterminer les sources d'infestations et prévenir les nouvelles infestations en évitant les parcelles présentant des larves (couleur jaune dans la ligne C). Dans cet exemple, nous pouvons nous intéresser aux sources de contamination des bovins à la date de l'infestation (barre noire de la ligne B). D'abord, on détermine si la parcelle dans laquelle était les bovins au moment de leur infestation a pu être la source de contamination connue (présence de larves indiquée par le calendrier de rotation) ou que des tiques gorgées ont pu être apportées par d'autres animaux (traversée de la parcelle par d'autres troupeaux de l'élevage, par des cerfs porteurs de tiques gorgées auparavant). Ensuite, on regarde si les bovins ont pu se contaminer sur un trajet entre 2 parcelles au moment de l'infestation ou en passant par le stock-yard qui est souvent une source d'infestation. Enfin, si aucun des cas ci-dessus n'est possible, la source de l'infestation reste inconnue.

**Explication 1 :** Un traitement à l'amitrazole a été réalisé le 15/03/2019 (ligne B de la parcelle P1) sur le troupeau en sortie de parcelle P1. La présence d'œufs est automatiquement rajoutée sur le calendrier sur la ligne C de la parcelle P1. On peut observer la date d'infestation des bovins 3 semaines auparavant dans la ligne B de P1 (flèche verte). Le troupeau était alors sur la parcelle P4 avec la présence de larves infestantes indiquées sur le calendrier de rotation. Le troupeau s'est sûrement infesté dans cette parcelle puis a été déplacé sur la parcelle P1 dans laquelle des tiques gorgées ont été observées trois semaines plus tard.

**Explication 2 :** Un traitement à l'amitrazole a été réalisé le 30/03/2019 (ligne B de la parcelle P2) sur le troupeau en sortie de parcelle P2. La présence d'œufs est automatiquement rajoutée sur le calendrier sur la ligne C de la parcelle P2. 3 semaines auparavant, les bovins étaient sur la parcelle P1, exempte de larves. De plus, les bovins ont été traités à la sortie de la parcelle P1. Ce n'est sûrement pas la source d'infestation. Ensuite, l'éleveur a indiqué en notes (Note 1) dans le calendrier de rotation qu'il a vu son troupeau dans la parcelle P3 pendant leur séjour dans la parcelle P2 car les taureaux ont cassé la barrière entre les 2 parcelles. Or, la parcelle P3 présentait des larves infestantes à ce moment là. L'infestation aurait eu lieu 2 semaines auparavant lors de l'entrée des animaux sur la parcelle P2 puis P3.

Sur le reste de l'extrait du calendrier, les animaux sont rentrés sur des parcelles sans larves de tiques et n'ont pas présenté d'infestation par les tiques.

CALENDRIER DE ROTATION											
MOIS	MARS						AVRIL				
N° ou nom de la parcelle	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15
P1											
P2											
P3											
P4											
P5											
P6											

The calendar shows the following events:

- Parcelle P1:** Treatment (red bar) on 15/03/2019. Larval presence (yellow bar) from 25/03 to 20/04. Tick infestation (black bar) on 15/03/2019.
- Parcelle P2:** Treatment (red bar) on 30/03/2019. Larval presence (yellow bar) from 25/03 to 20/04. Tick infestation (black bar) on 30/03/2019.
- Parcelle P3:** Larval presence (yellow bar) from 25/03 to 20/04. Tick infestation (black bar) on 15/03/2019.
- Parcelle P4:** Larval presence (yellow bar) from 25/03 to 20/04. Tick infestation (black bar) on 15/03/2019.
- Parcelle P5:** Tick infestation (black bar) on 15/03/2019.
- Parcelle P6:** No events.

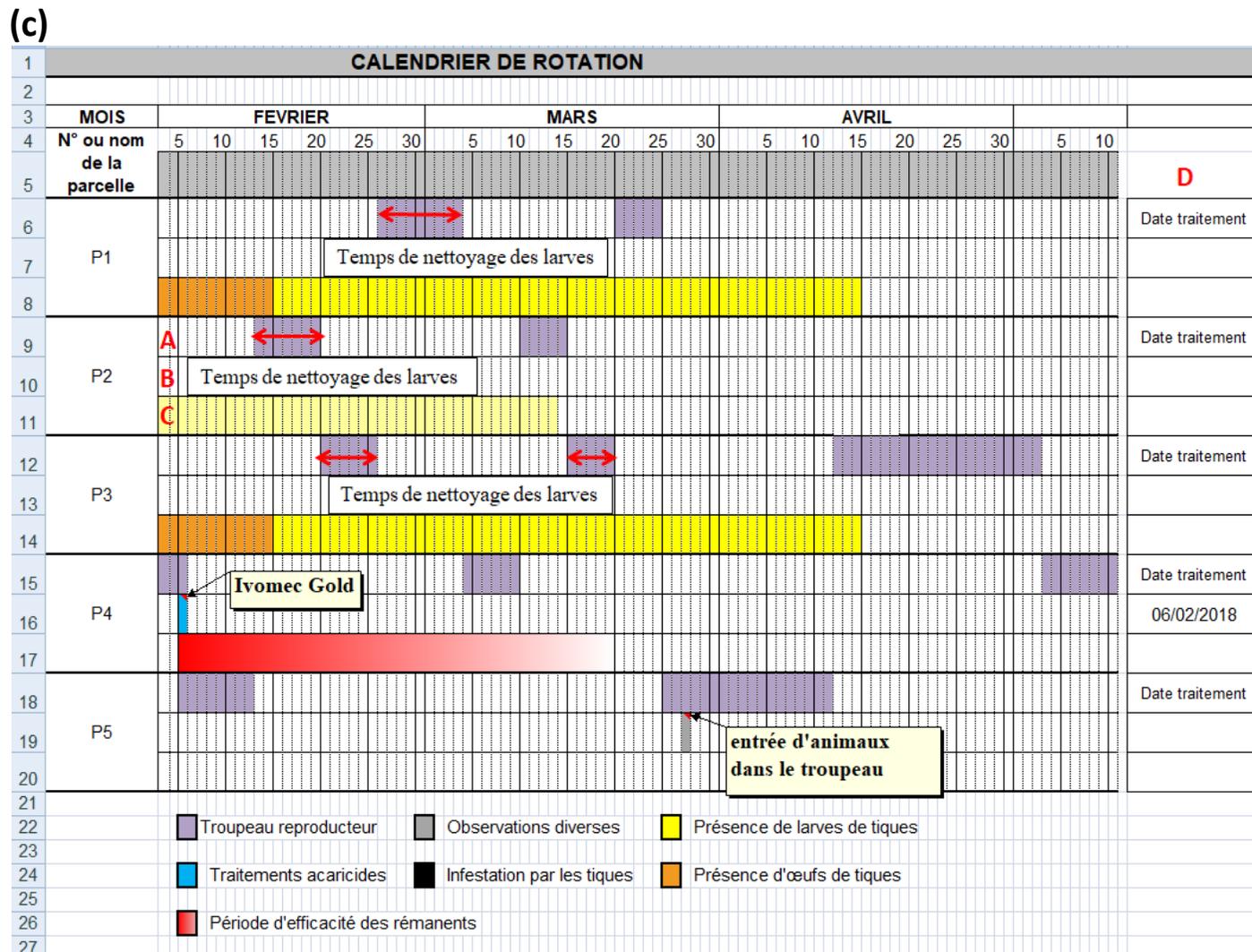
Annotations:

- Explication 1:** Points to the tick infestation on P1 (15/03) and the larval presence on P4 (25/03-20/04).
- Explication 2:** Points to the tick infestation on P2 (30/03) and the larval presence on P1 (25/03-20/04).
- Note 1:** Points to the tick infestation on P3 (15/03).

**(c) L'utilisation préventive d'acaricide longue action**

Description générale : Ici un seul troupeau est présent (indiqué en mauve) et séjourne sur 5 parcelles différentes. On retrouve le même fonctionnement que dans les lignes A, B et C décrites dans le 1<sup>er</sup> exemple « a » d'un calendrier de rotation. Lorsque l'infestation observée est faible, le peu de larves émises ne provoquera pas une forte infestation, c'est indiqué par une atténuation de couleur orange et jaune (ici observée pour la parcelle 2 de février à mi mars). Lors d'utilisation d'un produit longue action, la durée pendant laquelle les animaux sont protégés contre les tiques est indiquée en rouge sur la ligne C (exemple sur la parcelle P4).

Utilisation d'acaricide longue action de façon préventive (voir Partie I.C.1.d) : Ici on a un exemple où plusieurs parcelles ont été infestées en février (parcelle P1, P2 et P3). Les acteurs du GDS A, en concertation avec l'éleveur et le vétérinaire de l'élevage, ont décidé de réaliser un traitement longue action pour récolter et tuer les larves présentes dans ces parcelles pour les réutiliser plus rapidement. Un traitement longue action (Ivomec Gold ND) a été réalisé le 6 février. Ainsi, les bovins ont été protégés contre les infestations par les tiques jusqu'au 20 mars (la ligne B de la parcelle P4 indique en rouge sur le calendrier la durée d'action du traitement longue action). Les bovins ont réalisé des séjours dans les différentes parcelles contaminées. La durée du séjour a été déterminée par le nombre de bovins composant le troupeau et la surface à l'hectare de la parcelle (voir Partie I.C.1.d). Les parcelles ont été ainsi assainies en larves infestantes. Ainsi, même si le calendrier indique la présence de larves jusqu'à mi avril sur la parcelle P1, le troupeau peut y séjourner sans risque de forte infestation car la parcelle P1 a été « nettoyée » de ses larves infestantes avant cela en février. Il en est de même pour la parcelle P3 qui voit un retour des bovins avant mi avril aussi. D'ailleurs, il n'a pas été observé de tiques sur les animaux après leurs passages sur ces parcelles.



## Annexe 2: Principe de calcul d'un score d'infestation de tiques

### Principe d'application de la grille d'évaluation: deux scores sont donnés à chaque animal



Extrait de poster pour remplir une grille d'évaluation de l'infestation de tique du bétail sur un bovin (Naves et al., 2016)

Elevage :											
Date :	Heures début-fin :	Techn :	Troupeau :	Date et produit dernier traitement :							
N° de travail IPG	Tiques gorgées ou semi-gorgées							Infestation par les formes immatures			score infestation par les tiques
	0	0-10	10-20	20-30	30-50	50-100	>100	Cou	Queue	Périnée	
Numéro IPG A	x							2	2	1	16
Numéro IPG B	x							2	1	1	13
Numéro IPG C				x				3	2	2	48

### Exemple d'un tableau de score d'infestation utilisé lors de l'étude

L'individu A présente un score d'adulte de 0, un score d'immature de  $10 \times (2+2+1)/3 = 16$ .

L'individu C présente un score d'adulte de 25, un score d'immature de  $10 \times (3+2+2)/3 = 48$

### Annexe 3 : Questionnaire de satisfaction

#### RETOUR SUR LE PLAN DE LUTTE

1: pas du tout d'accord, 2: moyennement d'accord 3: neutre 4: plutôt d'accord 5 : tout à fait d'accord

**On compare le moment présent avec avant le début de la vaccination**

#### Général :

**Est-ce que vous avez moins de problèmes de tiques qu'avant ?**

échelle : 1 2 3 4 5

**Est-ce que les animaux ont moins de tiques lors des infestations qu'avant ?**

échelle : 1 2 3 4 5

**Est-ce que les animaux ont moins de tiques à l'année qu'avant ?**

échelle : 1 2 3 4 5

**Est-ce que la gestion de la tique est moins stressante pour vous ?**

échelle : 1 2 3 4 5

**D'après vous, est ce que le plan mis en place est efficace ?**

échelle : 1 2 3 4 5

#### Lutte chimique :

**Est-ce que vous pensez faire moins de bains à l'année qu'avant ?**

échelle : 1 2 3 4 5

#### Lutte agropastorale :

**Est-ce la lutte agronomique mise en place dans votre élevage avant la vaccination était efficace contre les tiques ?**

échelle : 1 2 3 4 5

**Actuellement, est-ce que le calendrier de rotation est pratique et qu'il est facile d'utilisation pour vous ?**

échelle : 1 2 3 4 5

**Est-ce que vous remplissez le calendrier de rotation vous-même ou est ce que le technicien GDS le fait pour vous ?**

Je le remplis / Le technicien GDS le remplit

#### Lutte vaccinale :

**Est-ce vous trouvez que les tiques ont changé d'aspect ? Sont moins gorgées de sang ?**

échelle : 1 2 3 4 5

**Est-ce que vous pensez que la vaccination est efficace ?**

échelle : 1 2 3 4 5

**Etes vous satisfait du rythme de vaccination ?**

échelle : 1 2 3 4 5

Est-ce que vous seriez prêt à vacciner tous les trimestres si cela est plus efficace ? Oui/non

Pourcentage d'animaux avec des réactions cutanées suite à l'injection du vaccin :

échelle : <5%      5 à 25%      25 à 50%      50 à 75%      75 à 99%      100%

-> nodules/boules suite à l'injection du vaccin : Oui/ non

Si oui, en quelle proportion du troupeau ?

échelle : <5%      5 à 25%      25 à 50%      50 à 75%      75 à 100%

-> dépilations avec une peau rose/inflammatoire en dessous suite à l'injection du vaccin : Oui/ non

Si oui, en quelle proportion du troupeau ?

échelle : <5%      5 à 25%      25 à 50%      50 à 75%      75 à 100%

-> abcès suite à l'injection du vaccin : Oui/ non

Si oui, en quelle proportion du troupeau ?

échelle : <5%      5 à 25%      25 à 50%      50 à 75%      75 à 100%

-> autres réactions secondaires suite à l'injection du vaccin : Oui / non

Si oui, lesquelles ? En quelle proportion ?

Est ce que ces réactions vous gêne ?

pas du tout gênant / un peu gênant / gênant / très gênant / très gênant et pourrait arrêter le vaccin à cause de cela

Saisies à l'abattoir à cause du vaccin: Oui/non

Si oui complétez les tableaux suivants :

		2017	2018	2019	2020
Nombre d'animaux abattus en totalité	Veaux				
	Gros bovins				
Nombre d'animaux saisis en rapport avec le vaccin (date de la dernière vaccination)					

Quel est le budget max par an que vous attribueriez à la vaccination ?

Souhaitez-vous continuer à vacciner ? Oui/non

## Annexe 4: Notice d'utilisation du TickGard ND

FOR ANIMAL TREATMENT ONLY



### Vaccine to assist in the control of cattle tick on pastures

For use in cattle to assist in the control of the cattle tick (*Boophilus microplus*) by reducing the build up of cattle tick larvae on a pasture.

**Not registered for use in New South Wales.**

#### 1. What is TickGARD® PLUS?

TickGARD® PLUS is a vaccine containing a protein antigen, Bm86, which is similar to part of the cattle tick's gut. The Bm86, in TickGARD® PLUS is glycosylated, as it is in the tick. TickGARD® PLUS has been shown to be more effective than previous forms of the vaccine.

#### 2. What does it do?

When the female ticks engorge on a beast they will normally drop to the ground and soon begin laying 2000-3000 eggs. Cattle vaccinated with TickGARD® PLUS produce factors in their blood called antibodies. These antibodies are taken in with the blood when the ticks engorge. This damages the tick's gut, killing some ticks and dramatically reducing the ability of the surviving ticks to convert their blood meal into eggs. There are also further effects on the tick life cycle. Overall, the vaccine greatly reduces reproduction of the ticks.

#### 3. What benefits will I see?

The effect of TickGARD® PLUS will be seen some months after you start vaccinating, when the next generation of ticks start to appear. Because the number of ticks in the paddock is reduced, you will need fewer chemical treatments to control ticks. Once you're on the program, each booster vaccination can save up to 2 to 3 chemical treatments, such as plunge dip or spray race treatments. You may also see ticks, which look physically damaged due to the effects of TickGARD® PLUS.

#### 4. How is TickGARD® PLUS given?

Preferably use a metal-and-glass repeat vaccinator gun with a short (15 mm) needle. Inject 2 ml. just under the loose skin on the side of the neck of each animal. Vaccinate all animals in each paddock down to calves one month of age. Some cattle will develop a swelling at the injection site as they respond to the vaccine.

NRA Approval No: 48593/

#### 5. When do I start and repeat vaccinations with TickGARD® PLUS?

Start your program at your earliest opportunity. Mark your diary to remind you of future vaccination dates.

Give the first 2 vaccinations 4 weeks apart. After that allow 3 months between boosters throughout the year. \* (In heavily lactating cattle a maximum vaccination interval of 10 weeks is recommended.)

The first injection of TickGARD® PLUS that an animal ever gets is called a 'priming' dose and is not as effective as subsequent 'booster' doses. That's why the first interval is only 4 weeks.

The 4-week interval does not need to be repeated for animals that have had previous vaccinations with TickGARD or TickGARD® PLUS vaccines.

Note: Primer is just a name for the first shot. It does not refer to a specific vaccine.

\* The number of boosters may be reduced in low tick pressure situations. The minimum program, where ticks are not active in winter, is 2 boosters; one in early October and the second in January. The primer shot is additional to this in the first year and should be given 4 weeks before the October booster.

#### 6. How long do I keep using TickGARD® PLUS?

Keep using TickGARD® PLUS at the recommended interval every year. Keep your TickGARD® PLUS program active - even when the tick numbers are low - so that you see the longer term benefits.

#### 7. When should I use chemical tick control?

a) Chemical treatments which target the first rise of ticks for the season will assist your tick control program.

b) If, despite using TickGARD® PLUS, tick numbers become excessively high during the season, use a chemical treatment. Preferably choose a tickicide, which is cost effective, has no resistance problem and has an acceptable withholding period so that you can market your meat or milk with maximum flexibility.

#### 8. What withholding period is needed?

TickGARD® PLUS has a nil withholding period and a nil export slaughter interval.

#### 9. How should I store my TickGARD® PLUS?

TickGARD® PLUS should be refrigerated at 2°C to 8°C. (Do Not Freeze)

#### 10. What do I do if I accidentally inject myself?

The vaccine may cause a swelling in human tissue, so avoid accidental injection.

If vaccine is injected, seek medical advice.

Further information is available on the Material Safety Data Sheet for TickGARD® PLUS.

#### 11. Can I get further advice on using TickGARD® PLUS?

For advice on using this product please contact Intervet Australia on Free Call 1800 033 461.



Distributed by:  
INTERVET AUSTRALIA PTY LIMITED  
91-105 Harpin Street BENDIGO EAST VIC 3550  
Tel: (03) 5442 5011

\* Registered Trademark of INTERVET AUSTRALIA PTY LTD  
1E59132/00

**Auteur :** DUVAL Héloïse

**Date :** 2020

**TITRE :** Intérêt d'une lutte intégrée contre la tique *Rhipicephalus Boophilus microplus* associant l'usage d'un vaccin en Nouvelle-Calédonie

**RESUME :** L'élevage de races bovines européennes est compromis dans une région tropicale soumise au développement de résistances des tiques *Rhipicephalus Boophilus microplus* aux acaricides. Pour répondre à cette problématique, une lutte intégrée associant les luttes vaccinale, agropastorale et chimique a été appliquée pendant 1,5 an dans neufs élevages de races bovines européennes en Nouvelle-Calédonie. La moyenne de la diminution du nombre de traitements avant et après la mise en place du plan de lutte est de 40,2%. La moyenne du score d'infestation (comptage de tiques particulier) après un traitement acaricide a significativement augmenté de 34,5% mais a peu d'impact sur le terrain. Le vaccin à base de Bm86 calédonienne est une nouveauté et présente des effets secondaires locaux cutanés acceptables pour les neufs élevages impliqués. Des discussions sont en cours pour commercialiser ce vaccin afin d'étendre le plan de lutte à d'autres élevages calédoniens.

**MOTS-CLES :** lutte intégrée contre la tique, *Rhipicephalus Boophilus microplus*, Nouvelle-Calédonie, vaccin, mesures agropastorale, résistance, tique du bétail, score d'infestation

---

**Autor :** DUVAL Héloïse

**Date:** 2020

**TITLE :** Interest of integrated tick control against the tick *Rhipicephalus Boophilus microplus* using a vaccine in New-Caledonia

**ABSTRACT :** The breeding of European cattle breeds is jeopardized in a tropical region subject to the development of resistance to acaricides by the ticks *Rhipicephalus Boophilus microplus*. To resolve this problem, an integrated approach combining vaccination, agropastoral and chemical controls has been applied for 1.5 years in nine European breed farms in New Caledonia. The average reduction in the number of treatments before and after the implementation of the control plan is 40.2%. Average infestation score (specific tick count) after an acaricide treatment significantly increased by 34.5%. This is 3.45 points difference and has little impact in the field. The vaccine based on Caledonian Bm86 is new and side effects are cutaneous local and acceptable for cattle breeding. Discussions are in progress to commercialize this vaccine and extend it to other Caledonian farms.

**KEYWORDS:** integrated tick control, *Rhipicephalus Boophilus microplus*, New-Caledonia, vaccine, agropastoral, resistance, cattle tick, infestation score